



TUGAS AKHIR - SF 141501

**Studi Awal Identifikasi Suara Pria dan Wanita
berdasarkan Komposisi Frekuensi, *Pitch*, dan
*Formant***

Mira Anjani
NRP 01111440000030

Dosen Pembimbing
Prof. Dr.rer.nat Agus Rubiyanto, M.Eng.Sc
Susilo Indrawati, M.Si

Departemen Fisika
Fakultas Ilmu Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR - SF 141501

Studi Awal Identifikasi Suara Pria dan Wanita berdasarkan Komposisi Frekuensi, *Pitch*, dan *Formant*

Mira Anjani
NRP 01111440000030

Dosen Pembimbing
Prof. Dr.rer.nat Agus Rubiyanto, M.Eng.Sc
Susilo Indrawati, M.Si

Departemen Fisika
Fakultas Ilmu Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



FINAL PROJECT - SF 141501

Preliminary Study of speech identification male and female through Frequency, *pitch* and *formant*

Mira Anjani
NRP 01111440000030

Advisor
Prof. Dr.rer.nat Agus Rubiyanto, M.Eng.Sc
Susilo Indrawati, M.Si

Department of Physics
Faculty of Natural Sciences
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

STUDI AWAL IDENTIFIKASI SUARA PRIA DAN WANITA BERDASARKAN KOMPOSISI FREKUENSI, *PITCH*, DAN *FORMANT*

TUGAS AKHIR

Disusun untuk memenuhi syarat kelulusan mata kuliah Tugas
Akhir Program Strata 1

Departemen Fisika,
Fakultas Ilmu Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
MIRA ANJANI
NRP. 01111440000030

Disetujui oleh tim pembimbing Tugas Akhir

Dosen Pembimbing I:
Prof. Dr.rer.nat Agus Rubiyanto, M.Eng.Sc
NIP. 19650619.198903.1.001

(.....)

Dosen Pembimbing II:
Susilo Indrawati, M.Si
NIP. 110020130.1.001

(.....)



STUDI AWAL IDENTIFIKASI SUARA PRIA DAN WANITA BERDASARKAN KOMPOSISI FREKUENSI, *PITCH*, DAN *FORMANT*

Nama : Mira Anjani
NRP : 01111440000030
Departemen : Fisika, FMIPA-ITS
Pembimbing I : Prof. Dr.rer.nat Agus Rubiyanto,
M.Eng.Sc
Pembimbing II : Susilo Indrawati, M.Si

Abstrak

Telinga manusia dapat membedakan suara berdasarkan usia, jenis kelamin, hobi dan sebagainya. Pada penelitian kali ini, telah terbedakan suara berdasarkan jenis kelamin dengan bantuan perangkat lunak Praat versi 4.3. Sampel data pada penelitian ini sebanyak 35 mahasiswa yang terdiri dari 20 laki-laki dan 15 perempuan. Batasan usia sampel memiliki rentang antara 19-24 tahun. Hasil yang diperoleh berupa nilai *pitch* laki-laki memiliki rentang antara 100 - 150 Hz sedangkan *pitch* untuk perempuan berada pada rentang 200-250 Hz. Berdasarkan *formant*, lafal La memiliki nilai *Formant* 1 berkisar antara 650 – 950 Hz, *Formant* 2 berada pada range 1300-1500 Hz serta *formant* 3 terletak pada rentang 2500- 4000 Hz. 100% dari sampel suara lafal “La” dan “Fa” memiliki komposisi *formant* yang lengkap.

Kata kunci : Kata kunci: *Frekuensi Penyedia, Pitch, Software Praat, Speech Recognition, Klasifikasi suara*

***PRELIMINARY STUDY OF SPEECH IDENTIFICATION
MALE AND FEMALE THROUGH FREQUENCY, PITCH
AND FORMANT***

Name : Mira Anjani
NRP : 01111440000030
Major : Physics, FMIPA-ITS
Advisor I : Prof. Dr.rer.nat Agus Rubiyanto,
M.Eng.Sc
Advisor II : Susilo Indrawati, M.Si

Abstrak

The sounds can be distinguished by the human ears based on age, gender, hobbies etc. 35 students which are 20 men and 15 women are used as sample data with range of age between 19-24 years. The obtained results showed that the men's pitch value has range from 100-150 Hz while women's are between 200-250 Hz. Based on formant, the pronunciation of La has a Formant 1 with value between 650 - 950 Hz, Formant 2 with value 1300-1500 Hz and formant 3 is in the range 2500-4000 Hz. All of the samples showed that "La" and "Fa" speech had complete formant compositions.

Key words : Formant frequency, Pitch, Praat Software, Speech Recognition, Voice Classification

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur kehadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala atas berkat rahmat, hidayah serta kasih-Nya saya dapat menyelesaikan penyusunan laporan tugas akhir ini untuk memenuhi salah satu prasyarat memperoleh kelulusan pada mata kuliah tugas akhir dengan judul

Studi Awal Identifikasi Suara Pria Dan Wanita Berdasarkan Komposisi Frekuensi, *Pitch*, dan *Formant*

Penyusunan laporan tugas akhir ini tak terlepas dari bantuan banyak pihak, dengan penuh rasa hormat penulis ingin mengucapkan terimakasih, terutama kepada yang saya hormati :

1. Kedua orang tua tercinta, Ibu Sri Utami Nurhayati dan bapak Eko Setyo Budi yang mendukung penuh cita-cita anaknya mengejar sarjana serta Kakakku Dedi Surya Irawan yang menjadi teladan bagi penulis
2. Bapak Suminar Pratapa, sebagai dosen wali yang selalu memberikan arahan yang penulis selama berkuliah di ITS Surabaya.
3. Bapak Prof. Dr.rer.nat Agus Rubiyanto, M.Eng.Sc, dan Ibu Susilo Indrawati, M.Si sebagai dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah membagi pengalaman, wawasan, dan memberikan bimbingan terbaiknya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
4. Bapak Dr. Yono Hadi Pramono, M.Eng. selaku Ketua Departemen Fisika ITS Surabaya.
5. Bapak Dokter Abdurrahman selaku Kepala bagian anatomi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga yang memberi banyak masukan untuk penelitian ini dalam wawasan kedokteran.
6. Kepada Nurul Faizah dan ayah Aliman sebagai salah satu motivasi terbesar saya serta puteranya yang menemani

dengan penuh suka duka, juga Adek Jihan yang selalu berbuat baik pada penulis

7. Kepada Sahabat terbaik saya Petir, Retno Ajeng Pratiwi , dan Andi Wardana terimakasih, kalian Segalanya.
8. Rekan-rekan mahasiswa Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam ITS Surabaya ITS Surabaya

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis sangat terbuka dan mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk penyempurnaan laporan tugas akhir ini sehingga dapat bermanfaat bagi penulis guna memenuhi tugas akhir serta semoga bermanfaat untuk segala pihak.

Surabaya, Juni 2018

Penulis

miraanjani000@gmail.com

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB 1 <u>PENDAHULUAN</u>	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Permasalahan.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Tujuan Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan Laporan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Gelombang Suara	5
2.2 Pita Suara.....	6
2.3 Suara Manusia	Error! Bookmark not defined.

2.4	Vocal Tract	11
2.5	Resonansi Pada Vocal Tract	12
2.6	<i>Formant</i>	13
2.7	<i>Software</i> Praat.....	14
BAB III <u>METODOLOGI</u>		17
3.1	Tahap-tahap Penelitian	17
3.2	Studi Literatur..... Error! Bookmark not defined.	3
3.3	Tahap Persiapan dan <i>Setting</i> Peralatan	17
3.5	Pengolahan Sinyal	20
BAB IV <u>HASIL DAN PEMBAHASAN</u>		25
4.1	Analisa Perekaman Suara	25
4.2	Perekaman suara.....	27
4.3	Analisa menggunakan <i>software</i> Praat 4.3	32
4.4	Analisis Kelengkapan <i>Formant</i>	38
BAB V <u>KESIMPULAN DAN SARAN</u>		41
5.1	Kesimpulan.....	41
5.2	Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA.....		43

Lampiran A	47
Lampiran B.....	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.2 Anatomi Suara	9
Gambar 2.3 Pita Suara.....	10
Gambar 2.4 <i>Vocal Track</i>	11
Gambar 2.5 Model Tabung <i>vocal track</i>	13
Gambar 3.1 Diagram alir metodologi penelitian.....	17
Gambar 3.2 <i>software YMEC (Yoshimasa Electronics) /</i>	18
<i>Realtime Analyzer</i>	18
Gambar 3.3 <i>software Praat 4.3</i>	19
Gambar 3.4 <i>michrophone</i>	19
Gambar 3.5 Denah ilustrasi perekaman ruang anechoic	20
Gambar 4.1 Lokasi pengukuran	25
Gambar 4.2 Rangkaian pada recorder Zoom H1	26
Gambar 4.4 <i>Coding</i> pada <i>matlab</i>	28
Gambar 4.5 grafik waktu terhadap frekuensi sinyal suara lafal “a”	29
laki-laki.....	29
Gambar 4.6 grafik waktu terhadap frekuensi sinyal suara lafal “a”	29

Gambar 4.7 grafik waktu terhadap frekuensi sinyal suara laki-laki lafal.....	31
Gambar 4.8 grafik waktu terhadap frekuensi sinyal suara perempuan lafal “makan malam ”	31
Gambar 4.7 grafik hasil <i>software</i> Praat 4.3	33
Gambar 4.8 grafik hasil analisa sample “Do”	35
Gambar 4.9 grafik hasil analisa sample “Re”	3
Gambar 4.10 grafik gabungan tangga nada	37
Gambar 4.11 Irisan Kelengkapan <i>formant</i> “Do”	39
Gambar 4.12 Irisan Kelengkapan <i>formant</i> “La”	40

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil Praat nada “Do”	34
Tabel 4.1 Hasil <i>pitch</i> tangga nada perempuan dan laki-laki.....	37

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada tahun 2008, menurut Benyamin Widi Prasetya, menyatakan bahwa suara merupakan getaran yang menghasilkan gelombang karena adanya perubahan tekanan udara dengan cepat. Getaran mempunyai pola gelombang tertentu yang disebut dengan istilah *waveform*. Suara manusia memiliki karakteristik yang membedakan laki-laki dan perempuan. Karakteristik suara dapat digunakan sebagai sarana pada aspek keamanan dengan menggunakan suara sebagai kode keamanan. Hal ini dikembangkan oleh beberapa penelitian mengenai *speech recognition*.

Aligadh (2016) melakukan penelitian mengenai suara manusia yang berjudul “Implementasi metode forensik dengan menggunakan *pitch*, *formant* dan *spectrogram* untuk analisis kemiripan suara melalui perekam suara telepon genggam pada lingkungan yang bervariasi”. Beliau menunjukkan pentingnya suara sebagai barang bukti forensik dalam tindak kejahatan. Didapatkan hasil, bahwa suara dapat menjadi barang bukti otentik yang dapat diidentifikasi dalam lingkungan yang berbeda. Namun penelitian ini hanya menunjukkan kemiripan *pitch*, *formant* dan *spectrogram* antara suara bukti dengan suara yang diteliti tanpa membahas perbedaan tersangka perempuan maupun laki-laki secara rinci. Penelitian selanjutnya oleh M. Subali pada tahun 2014 dengan judul “frekuensi *formant* sebagai model akustik tabung sederhana dari *vocal tract*”. Penelitian ini menghasilkan tabung dengan bunyi yang sama dengan suara vokal manusia. Penelitian ini menunjukkan pola tabung yang memiliki *formant* sama dengan huruf vokal yang dikeluarkan manusia, namun tidak dapat menjelaskan mengenai *pitch* dan kelengkapan *formant* yang terbentuk.

Penelitian ini bertujuan menjadi studi awal karakterisasi suara manusia. Setiap manusia memiliki ciri khas pada suaranya terutama pada frekuensi nada dasar, serta *formant*. Perbedaan karakter suara dapat digunakan untuk menentukan jenis kelamin seseorang yang sedang berbicara. Adapun vokal dengan diperkaya dengan memperdalam kelengkapan *formant* pada setiap huruf vocal. Maka dari itu dilakukan penelitian ini sebagai studi awal pada karakterisasi suara, terutama sebagai langkah awal yakni membedakan antara suara wanita dan pria menggunakan perangkat lunak *Praat 4.3* dan *Realtime Analyzer*.

1.2 Rumusan Permasalahan

Rumusan masalah yang ada pada penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana cara mengetahui perbandingan *pitch* suara pada pria dan wanita,
2. Bagaimana mengetahui pengaruh *formant* suara pada pria dan wanita,
3. Bagaimana cara menganalisa kelengkapan *formant* pada tangga nada.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi dengan jumlah sampel penelitian sebanyak 35 mahasiswa yang terdiri dari 15 perempuan dan 20 laki-laki. Variabel yang digunakan berupa frekuensi dan nada dasar suara manusia. Penelitian ini menggunakan aplikasi *Matlab* sebagai program pengolahan data sinyal suara. Adapun sistem yang digunakan dalam pengambilan data ialah *portable microphone* merk ZOOM H1 *Handy Recorder* dengan jarak 30cm sejajar sumber suara.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui perbandingan *pitch* suara pada pria dan wanita,
2. Mengetahui pengaruh *Formant* suara pada pria dan wanita,
3. Menganalisa kelengkapan *formant* pada tangga nada.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang akan didapat dari penelitian tugas akhir ini antara lain:

1. Menghasilkan sebuah parameter karakterisasi frekuensi suara manusia,
2. Menjadi acuan teknologi berbasis input suara manusia,
3. Mendasari pengembangan penelitian klasifikasi suara.

1.6 Sistematika Penulisan Laporan

Penulisan Tugas Akhir ini terdiri dari abstrak yang berisi tentang gambaran umum keseluruhan dari penelitian ini. Bab I merupakan pendahuluan yang memuat latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan terakhir sistematika penulisan. Bab II adalah tinjauan pustaka yang berisi tentang dasar teori yang melandasi penelitian ini serta sebagai acuan dari penelitian ini. Bab III berisi metodologi penelitian. Bab IV berisi hasil penelitian dan pembahasan. Bab V berisi kesimpulan dan saran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gelombang Bunyi

Bunyi, dapat diartikan sebagai sesuatu yang kita dengar. Bunyi terbentuk karena adanya getaran dari partikel-partikel di udara (*Sound Research Laboratories Ltd*, 1976). Menurut Bruel & Kjaer pada tahun 1986 menyatakan bahwa bunyi identik dengan pergerakan gelombang di udara yang karena sumber bunyi mengubah partikel dari posisi diam menjadi bergerak. Gelombang bunyi berbentuk longitudinal yang merambat dengan pola rapatan dan renggangan. Gelombang bunyi menurut medium rambatnya merupakan gelombang mekanik yang dapat menjalar dalam medium padat, cair dan gas (Sutrisno, 1988). Gelombang bunyi ini merupakan *vibrasi*/getaran molekul-molekul zat dan saling beradu satu sama lain namun demikian zat tersebut terkoordinasi menghasilkan gelombang serta mentransmisikan energi bahkan tidak pernah terjadi perpindahan partikel (Resnick dan Halliday, 1992).

Getaran yang terlalu cepat dan getaran yang terlalu lambat tidak dapat dideteksi oleh telinga manusia. Cepat atau lambat getaran berpengaruh pada frekuensi. Frekuensi didefinisikan sebagai jumlah getaran yang terjadi dalam satu satuan waktu dengan satuan *Hertz* (Hz). Bunyi dapat didengar oleh telinga manusia berkisar pada rentang frekuensi 20 Hz-20 kHz. Pada rentang <20 Hz disebut dengan bunyi infra (*infrasound*) yang sedangkan bunyi dengan frekuensi >20 Hz disebut sebagai bunyi ultra (*ultrasound*) yang sering dijumpai di dunia industri dan kedokteran.

Cepat rambat gelombang bunyi di udara c sebesar 340 m/s, dengan formulasi panjang gelombang adalah:

$$\lambda = \frac{c}{f} \dots \dots \dots (2.1)$$

dengan:

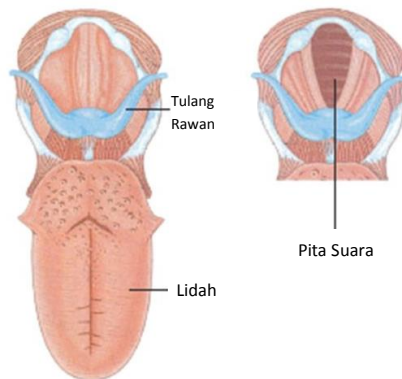
c = kecepatan rambat bunyi

f = frekuensi bunyi.

Selang panjang gelombang bunyi yang dapat didengar (*audible sound*) antara 17 mm hingga 17 meter. Tekanan bunyi berfrekuensi 1000 Hz memiliki ambang kemampuan pendengaran (*threshold of audibility*) sebesar $20 \mu\text{Pa}$. Sedangkan ambang rasa sakit (*threshold of pain*) memiliki tekanan besarnya 100 Pa yang menyebabkan rasa sakit pada telinga. (Lea Prasetyo, 2003)

2.2 Pita Suara

Pada ujung laring terdapat dua buah pita elastis yang disebut pita suara . Letak pita suara ialah horizontal dan terdapat celah yang disebut *glotis* .



Gambar 2.1 Pita Suara (www.dosenbiologi.com)

Dalam menghasilkan suatu bunyi, pita suara dapat mengalami empat macam kondisi antara kedua pita suara atau celah (*glotis*). Kondisi pertama, celah terbuka lebar maka udara yang mengalir keluar dari paru-paru tidak mendapat halangan sehingga tidak terdengar geseran sedikitpun. Bunyi yang dihasilkan dengan posisi ini adalah /h/. Kondisi kedua adalah

sikap di mana pita suara tertutup rapat sehingga udara yang keluar dari paru-paru ditahan oleh pita suara yang tertutup rapat menutup laring. Bunyi yang dihasilkan adalah bunyi hamzah (*glotal stop*). Bunyi ini biasanya dilambangkan dengan lafal dalam ejaan lama dipergunakan tanda ('). Posisi yang ketiga adalah bagian atas dari pita suara terbuka sedikit, maka udara yang keluar dapat menggetarkan pita suara. Segala macam bunyi-ujaran terjadi dengan sikap pita suara ini. Bila udara yang keluar itu turut menggetarkan pita suara maka terjadilah bunyi-ujaran yang bersuara. Sikap yang keempat adalah bagian bawah pita suara terbuka sedikit. Peristiwa ini terjadi ketika berbisik.

Pita suara manusia dapat menghasilkan bunyi dengan frekuensi tertentu. Gelombang suara yang terbentuk merupakan gelombang tegak. Gelombang tegak akan terjadi akibat superposisi gelombang datang dan gelombang yang direfleksikan berjalan di dalam arah–arah yang berlawanan. Jika dua gelombang yang memiliki frekuensi dan kelajuan yang sama tetapi memiliki arah yang berbeda maka berlaku Persamaan (2.2) dan (2.3) berikut.

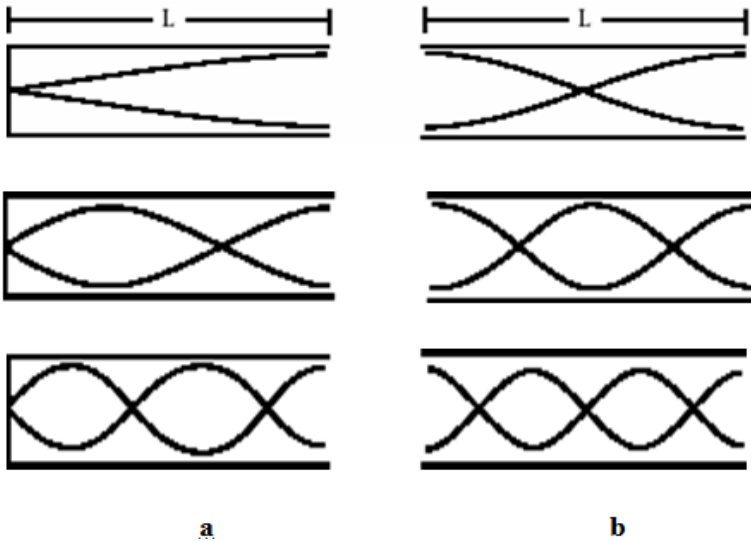
$$y_1 = y_m \sin (kx - \omega t) \dots\dots\dots(2.2)$$

$$y_2 = y_m \sin (kx + \omega t) \dots\dots\dots(2.3)$$

maka resultannya dapat dituliskan sebagai

$$y = 2y_m \sin kx \cos \omega t \dots\dots\dots(2.4)$$

Amplitudo dari persamaan (2.3) yakni $2y_m \sin kx$, dimana nilai maksimumnya sebesar $2y_m$ (Marsudi, 2006).



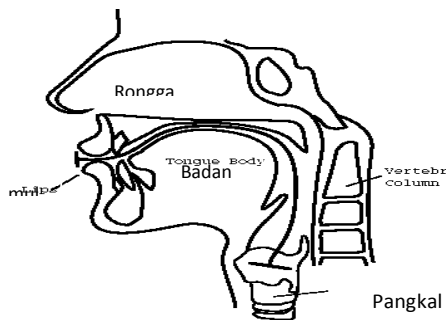
Gambar 2.2 Tabung Pita berdasar jumlah gelombang (a) terbuka dan (b) tertutup (<http://www.aseprespati.blogspot.com>)

Pita suara bertindak sebagai bentuk pipa organa. Pipa organa terbuka merupakan sebuah kolom udara atau tabung yang memiliki kedua ujung penampang terbuka. Kedua ujungnya berfungsi sebagai perut gelombang karena bebas bergerak sedangkan memiliki titik tengah berupa simpul. Sedangkan Pipa organa tertutup merupakan sebuah kolom udara atau tabung yang salah satu ujung penampangnya tertutup dan ujung lainnya terbuka. Nada adalah bunyi yang beraturan, dan memiliki frekuensi tunggal tertentu. Dalam teori musik, setiap nada memiliki tinggi nada dan frekuensi. Ada tujuh nada dalam satu tangga nada dan masing-masing nada memiliki frekuensinya sendiri. Nada Do memiliki frekuensi sekitar 264 Hz, nada Re memiliki frekuensi sekitar 297 Hz, nada Mi memiliki frekuensi sekitar 330 Hz, Nada Fa memiliki frekuensi sekitar 352 Hz, nada Sol memiliki frekuensi sekitar 396 Hz, nada La memiliki frekuensi sekitar 440 Hz, dan nada Si memiliki frekuensi sekitar

495 Hz, sementara nada Do tinggi memiliki frekuensi sekitar 528 Hz. Dengan demikian, tinggi atau rendahnya nada bergantung pada besar kecilnya frekuensi yang dihasilkan. Semakin besar frekuensinya, semakin tinggi nadanya. Begitu juga sebaliknya, semakin kecil frekuensinya semakin rendah nadanya (Praktikum Untan, 2014).

2.3 Mekanisme Terbentuknya Suara

Bunyi dapat didengar jika terdapat tiga aspek. Pertama, terdapat sumber bunyi, dimana sumber gelombang bunyi adalah sesuatu yang bergetar. Kedua, adanya perambatan gelombang dari sumber dalam bentuk gelombang longitudinal. Ketiga, bunyi dideteksi oleh telinga atau suatu alat penerima. Contoh sumber bunyi yang dapat memenuhi tiga aspek diatas adalah suara manusia yang dihasilkan oleh bergetarnya pita suara.

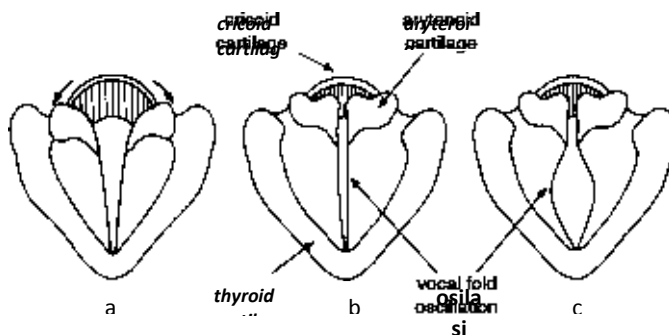


Gambar 2.3 Anatomi Suara (<http://waterfilling.blogspot.com>)

Gambar diatas termasuk anatomi tubuh yang menghasilkan suara. Sedangkan proses menghasilkan suara manusia yang disebabkan oleh bergetarnya pita suara disebut dengan *phonation*. *Phonation* diproduksi oleh sistem suara manusia yang terdiri dari paru-paru, pangkal tenggorokan, dan *vocal tract*. Paru-paru mengeluarkan udara yang

digunakan oleh pangkal tenggorokan untuk menghasilkan bunyi dasar. Kemudian *vocal tract* mengatur bunyi dasar tersebut untuk menghasilkan bunyi yang berbeda.

Titik awal proses menghasilkan suara dimulai dari paru-paru yang menyediakan udara untuk menghasilkan suara. Paru-paru dapat dipandang sebagai balon. Untuk memompanya manusia memiliki otot, diafragma, dan tulang iga yang menekan paru-paru sehingga udara dihirup oleh mulut, hidung, dan saluran udara. Ketika otot pernafasan berelaksasi, elastisitas dari paru-paru menekan udara keluar. Tekanan tambahan juga dapat dari otot abdominal dan otot tulang iga.



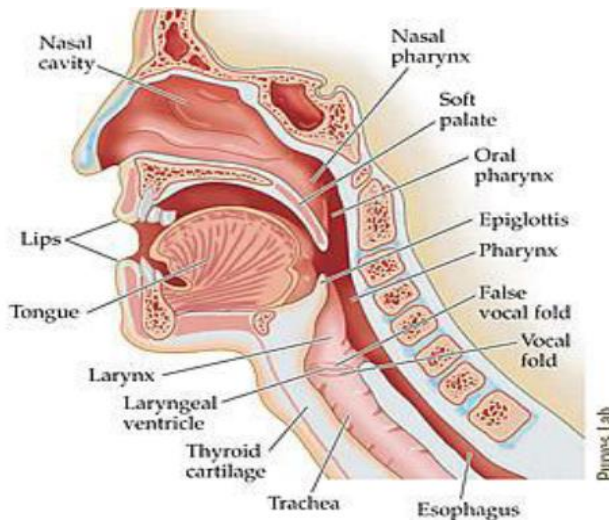
Gambar 2.4 Pita Suara (<http://waterfilling.blogspot.com>)

Pangkal tenggorokan yang sangat berperan dalam menghasilkan suara merupakan sistem yang terdiri dari tulang dan otot yang berlokasi di tenggorokan. Dua otot yang terpenting dalam proses menghasilkan suara adalah pita suara. Dua otot tersebut terletak saling berlawanan dan bergerak dengan cara membuka dan menutup jalan udara. Ketika pita suara tersebut tertutup rapat tidak ada udara yang lewat dan tidak ada suara yang dihasilkan. Ketika dalam keadaan longgar udara dapat secara bebas masuk tanpa menghasilkan suara, yang mana disebut dengan proses pernafasan secara

normal. Ketika pita suara di antara kedua kejadian ekstrim di atas dapat menghasilkan suara. Dengan penambahan tekanan udara dari paru-paru kemudian menekan sebagian dari pita suara yang dikombinasikan dengan otot-otot yang lain dan gaya Bernoulli yang disebabkan aliran udara menyebabkan tekanan balik menekan kembali pita suara. Putaran ini berulang sendiri dengan frekuensi sesuai dengan variasi kerapatan dari tekanan udara yang kita kenal dengan bunyi (Al-Azhar, 2011).

2.4 Vocal Tract

Vocal tract dapat dipandang sebagai sebuah tabung resonansi dalam produksi suara manusia terdiri dari pangkal tenggorokan, rongga hidung, dan rongga mulut.



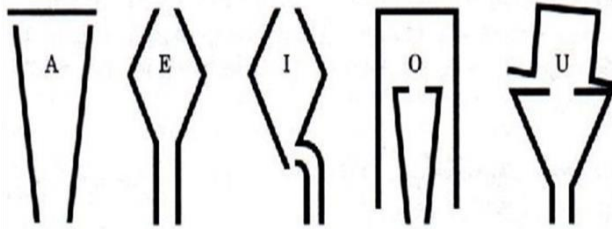
Gambar 2.5 *Vocal Track* (<http://mthematics-science-biology.blogspot.com>)

Bentuk dari *vocal tract* dipengaruhi oleh langit–langit mulut bagian belakang, lidah, bibir, dan rahang yang disebut sebagai alat artikulasi. Sedang proses dari pembentukan *vocal tract* untuk menghasilkan suara yang berbeda– beda disebut dengan proses artikulasi (Al-Azhar, 2011).

2.5 Resonansi Pada Vocal Tract

Jika sebuah sistem yang mampu berosilasi dipengaruhi oleh sederet denyut periodik yang sama atau yang hampir sama dengan salah satu frekuensi alami dari osilasi tersebut, maka sistem tersebut akan berosilasi dengan amplitudo yang relatif besar. Peristiwa ini disebut dengan resonansi. Sebuah sistem akan bergetar pada frekuensi alaminya. Namun demikian sebuah sistem sering tidak semata–mata berosilasi pada frekuensi alaminya tetapi dapat juga karena gaya eksternal yang dikenakan padanya berosilasi pada frekuensi tertentu. Sebagai contoh ketika sebuah masa pada pegas ditarik ke belakang dan ke depan dengan frekuensi f , massa kemudian bergetar pada frekuensi f (Resnick dan Halliday , 1992).

Resonansi pada *vocal tract* disebut dengan *formant* sementara frekuensinya disebut frekuensi *formant*. Setiap konfigurasi dari bentuk *vocal tract* mempunyai karakteristik dari frekuensi *formant* yang berbeda. Ketika langit–langit mulut diangkat menutup rongga hidung, *vocal tract* membentuk tabung mulai dari pangkal tenggorokan hingga ke mulut. Ketika langit–langit mulut di turunkan rongga hidung dan rongga mulut menjadi satu sehingga terjadi bentuk yang lain dari *vocal tract*. Awal dari *vocal tract* semula berupa sebuah tabung dimulai dari dasar kerongkongan namun terbagi menjadi dua pada bagian lunak langit–langit mulut, dimana satu mengarah ke rongga hidung dan yang lainnya menuju rongga mulut (Ronald, 2007).



Gambar 2.6 Model Tabung *vocal track* (M.Subali, 2014)

Tabung dari *vocal tract* mempunyai penampang lintang yang bervariasi. Sehingga nilai dari frekuensi *formant* tidak seperti pada tabung yang seragam bentuknya. Frekuensi *formant* yang terendah disebut *formant* pertama (f_1), yang lebih tinggi dari f_1 disebut *formant* kedua (f_2) dan seterusnya.

2.6 *Pitch* dan *Formant*

Dalam akustik, *formant* didefinisikan sebagai puncak dalam *envelope* spektrum pada bunyi suara. Frekuensi *formant* dihasilkan didalam rongga bidang suara pada manusia. Umumnya, suara manusia mempunyai tiga karakteristik *formant* yaitu F_1 , F_2 , dan F_3 . Sedangkan F_0 adalah frekuensi dasar (*Pitch*). *Pitch* merupakan frekuensi dasar suara yang dikeluarkan oleh pita suara, sedangkan *Formant* merupakan frekuensi hasil resonansi pada saat suara melalui *vocal tract*. Artikulasi adalah perubahan rongga dan ruang dalam saluran suara untuk menghasilkan bunyi bahasa. Daerah artikulasi terbentang dari bibir luar sampai, pita suara atau *vocal tract* dimana suara terbentuk berdasarkan getaran pita suara disertai perubahan posisi lidah dan semacamnya. Ukuran *vocal tract* bervariasi untuk setiap individu, namun untuk laki-laki dewasa rata-rata panjangnya sekitar 17 cm. Luas dari *vocal tract* juga bervariasi antara 0 (ketika seluruhnya tertutup) hingga sekitar 20 cm². Saat *vocal tract* bergetar (terjadi bunyi) akan muncul

komponen komponen frekuensi yang disebut dengan frekuensi *formant* yang menunjukkan posisi getaran pada *vocal tract* tersebut seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Model dari *vocal tract* dapat dianalogikan sebagai tabung resonator seperti pada Gambar 2.6.

Formant diformulasikan sebagai berikut

$$F_{k+1} = \frac{(2k+1)c}{4L} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana

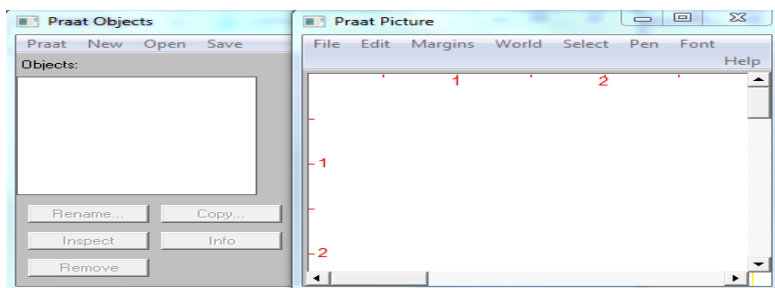
c = Cepat rambat bunyi

k= Bilangan frekuensi *Formant* (k=0,1,2,3....)

L= Panjang tabung (Fitch, 1986)

2.7 Software Praat

Praat adalah perangkat lunak terbuka untuk analisis fonetik atau ucapan. Praat dirancang dan dikembangkan oleh Paul Boersma dan David Weenink dari Universitas Amsterdam. Ini gratis dan tersedia untuk sebagian besar platform. Praat dirancang untuk memenuhi kebutuhan yang berbeda dengan antarmuka yang mudah, banyak opsi default untuk dipelajari dengan mencoba, manual yang dapat ditelusuri, dan berbagai kemungkinan analisis, manipulasi, dan pelabelan (Goldman, 2004).



Gambar 2.7 Tampilan awal Praat (koleksi pribadi)

Fonetik akustik menyelidiki aspek akustik *speech recognition*, seperti amplitudo bentuk gelombang, waktu, frekuensi fundamentalnya, dan properti lain dari spektrum frekuensinya. Konsep-konsep kunci dalam fonetik akustik memiliki empat parameter yakni frekuensi, waktu, amplitudo, dan *formant*. Tingkat getaran tergantung pada panjang, ketebalan, dan ketegangan pita suara, dan dengan demikian berbeda untuk anak, pria dan wanita dewasa. Suara bicara mengandung dua jenis frekuensi: frekuensi dasar (F_0) yang berhubungan dengan fungsi pita suara dan mencerminkan tingkat getaran pita suara selama fonasi (*pitch*) dan frekuensi *formant* yang berhubungan dengan *konfigurasi* saluran *vocal*.

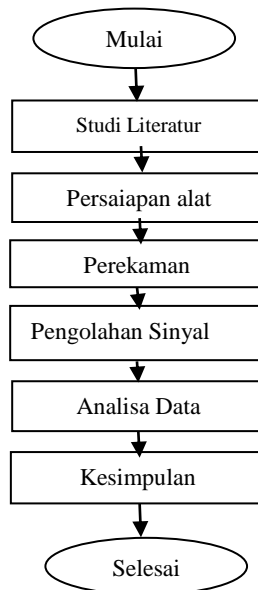
Semakin besar intensitas energi suara dalam waktu dan frekuensi tertentu, semakin gelap akan menjadi tanda pada titik yang bersangkutan di layar. *Formant* adalah konsentrasi energi akustik sekitar frekuensi tertentu dalam gelombang bicara. Ada beberapa *formant*, masing-masing pada frekuensi yang berbeda, kira-kira satu di setiap band 1000Hz. Untuk membuatnya berbeda, *formant* terjadi pada interval 1000Hz. Setiap *formant* sesuai dengan resonansi di saluran vokal.

Kelengkapan *formant* dapat mempengaruhi pengucapan, khususnya pengucapan huruf-huruf vokal. Semua vokal dapat dikarakterisasi oleh F_1 , F_2 , dan F_3 . Sebagai contoh, dalam spektogram untuk vokal di '*hit*' (/ ɪ /) dan '*hot*' (/ ɒ /), kita dapat menemukan bahwa F_2 lebih tinggi (mendekati F_3) di vokal pertama (/ ɪ /), tetapi lebih rendah (mendekati F_1) di vokal kedua (/ ɒ /). Vokal yang secara tradisional dikenal sebagai "vokal depan" memiliki F_1 dan F_2 yang terpisah jauh, seperti vokal pertama / ɪ / di sini. Vokal yang secara tradisional dikenal sebagai "vokal belakang" memiliki F_1 dan F_2 begitu dekat sehingga mereka saling menyentuh, seperti vokal / ɒ / (Goldman, 2004).

BAB III METODOLOGI

3.1 Tahap-tahap Penelitian

Penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahap, yang digambarkan seperti pada diagram alir berikut ini:

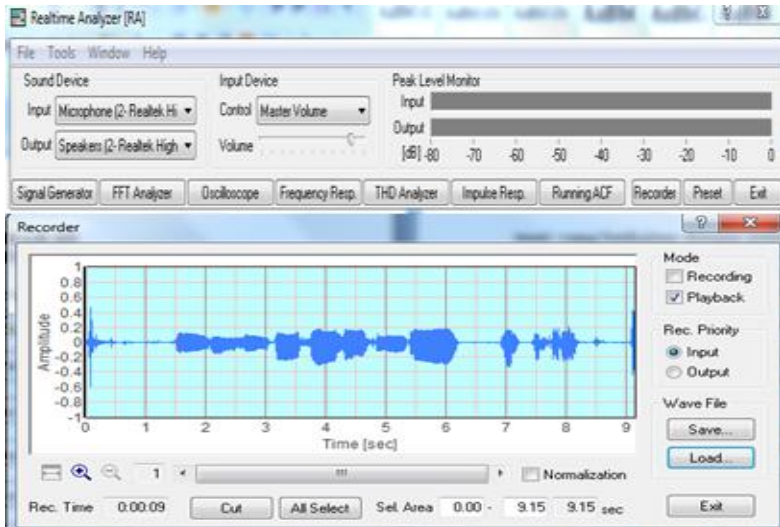


Gambar 3.1 Diagram alir metodologi penelitian (koleksi pribadi)

3.2 Tahap Persiapan dan *Setting* Peralatan

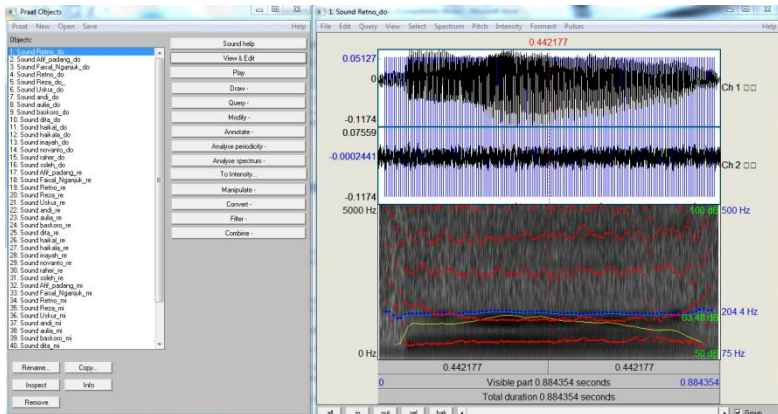
Pada tahap ini, dilakukan pengondisian ruang anechoic sebagai ruang pengambilan data dengan beberapa perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan. Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Laptop yang berisi *software* YMEC (*Yoshimasa Electronics*) / *Realtime Analyzer*, Praat 4.3 dan microsoft Excel



Gambar 3.2 *software* YMEC (*Yoshimasa Electronics*) / *Realtime Analyzer* (koleksi pribadi)

Laptop yang berisi *software* PRAAT 4.3 yang dalam Bahasa Belanda berarti ‘suara’ – merupakan sebuah freeware yang diciptakan oleh Paul Boersma & David Weenink dari Phonetic Sciences Department University of Amsterdam yang digunakan untuk melakukan analisis dan rekonstruksi suara.



Gambar 3.3 *software Praat 4.3 (koleksi pribadi)*

2. *Microphone* ukur : untuk menangkap bunyi yang dihubungkan dengan sdcard dan *realtime analyzer* pengambilan data.



Gambar 3.4 *microphone (koleksi pribadi)*

3. *SDcard* : berfungsi sebagai data traveller dan penyimpanan data antara microphone dan laptop.

3.3 Perekaman

Pengambilan data dilakukan selama 1 bulan di hari kerja dan jam kerja pada ruang anechoic dengan pengkondisian hingga

noise yang terjadi pada titik minimal. Adapun lafal yang diucapkan ialah “Makan Malam”, “Indonesiaku” serta “Do”, “Re”, “Mi”, “Fa”, “Sol”, “La”, “Si”, “Doo” (tangga nada C) dengan jarak microphon 50cm sejajar dengan sumber suara mengingat suara merupakan gelombang sferis. Berikut skema perekaman dalam pengambilan data dengan sampel 50 manusia yang terdiri dari 30 laki-laki dan 20 perempuan.



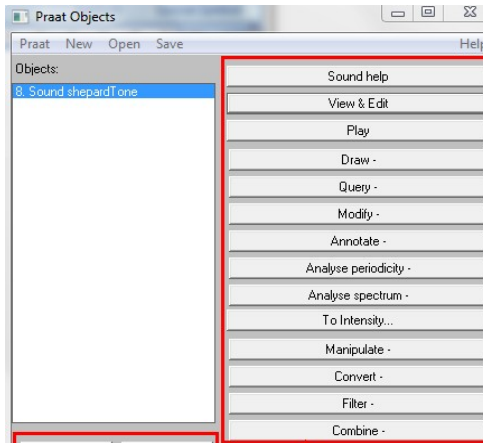
Gambar 3.5 Skema perekaman (koleksi pribadi)

Pada saat perekaman, dilakukan pengondisian ruangan pada ruang *anechoic* sedemikian rupa agar suara yang didapatkan merupakan suara langsung dari sample perekaman.

3.4 Pengolahan Sinyal

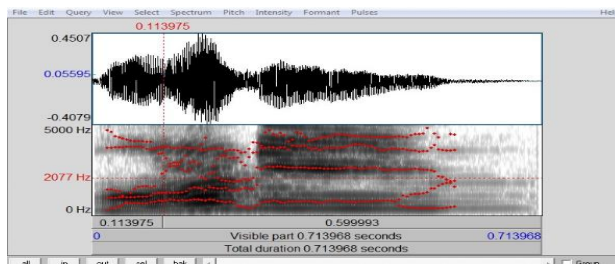
Dari data suara yang didapatkan yang telah didapat berupa file berbentuk .wav dilakukan pemotongan dengan software realtime analyzer dan digrafikkan dengan menggunakan software PRAAT. Dari grafik Praat dapat dicatat nilai-nilai *pitch*, *formant*, serta intensitas pengucapan. Sinyal suara dianalisa dengan menggunakan matlab. Sebelum dilakukan analisa, maka dilakukan pengambilan data berupa pembacaan hasil dengan menggunakan software *matlab*. Dalam software matlab mengandung pemrosesan yang disebut dengan FFT (*fast fourier transform*) secara umum FFT adalah sebuah algoritma yang digunakan dalam permasalahan transformasi fourier diskrit. Namun pada analisisnya, suara untuk menentukan secara spesifik

mengenai *pitch* dan *formant*, diperlukan software yang lebih detile untuk mendapatkannya. Untuk itu digunakan analisa dengan menggunakan *software Praat 4.3* menu seperti dibawah ini



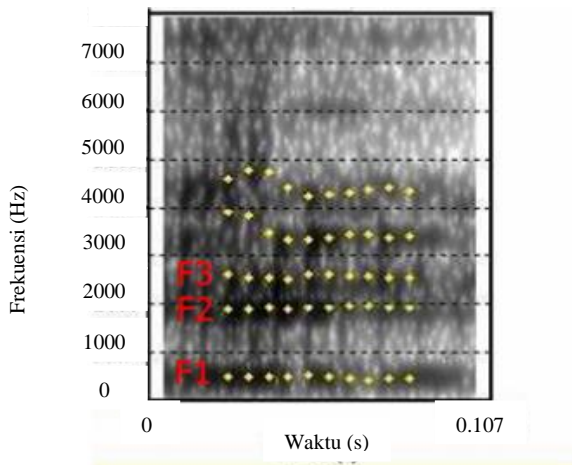
Gambar 3.6 Menu Praat (koleksi pribadi)

Adapun cara untuk mendapatkan beberapa parameter dalam prat ialah menggunakan editor yang ditampilkan pada gambar berikut



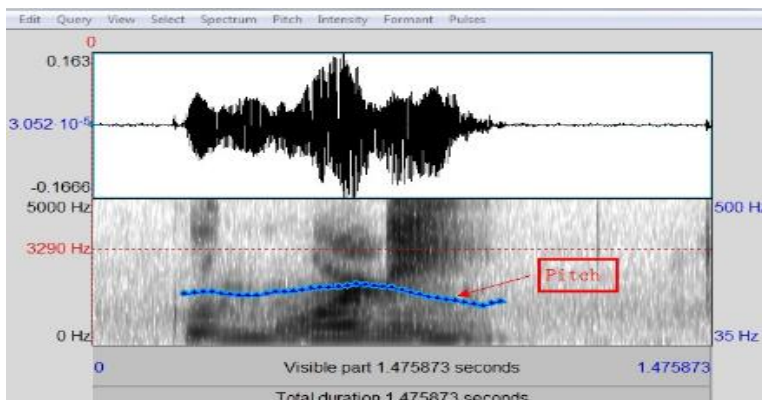
Gambar 3.7 Editor Praat (koleksi pribadi)

dengan langkah-langkah berikut ini untuk menentukan *formant*



Gambar 3.8 *Formant* (koleksi pribadi)

Dengan *F* ialah *formant* pertama dan *F2* merupakan *formant* kedua seterusnya.



Gambar 3.9 *Pitch* (koleksi pribadi)

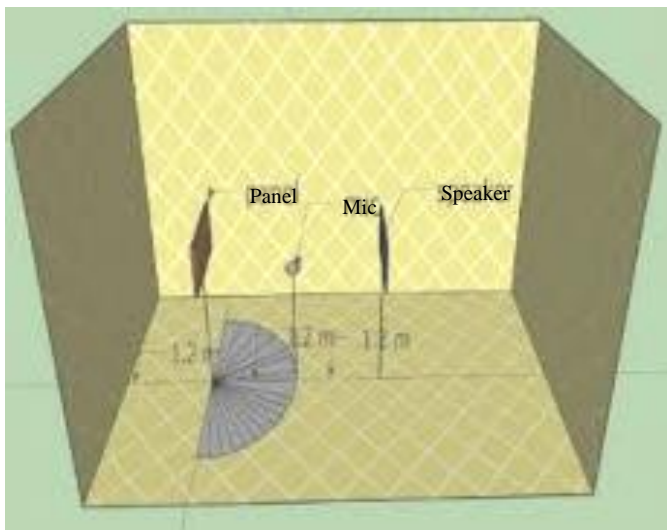
Sedangkan untuk *pitch* dapat diketahui dari tampilan Praat dapat dilakukan dengan menggunakan menu *show pitch* dan akan muncul grafik diatas.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

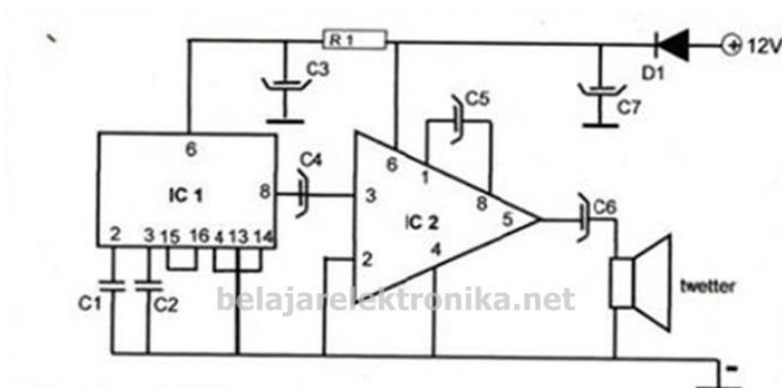
4.1 Analisa Perekaman Suara

Dalam perekaman suara, perlu pertimbangan beberapa aspek yang mempengaruhi kejelasan suara seperti halnya *background noise*. *Background noise* atau kebingan latar adalah suara yang terdengar mengganggu di sebuah lokasi dalam kurun waktu tertentu. Dalam penelitian ini dibutuhkan *background noise* yang minimal, dengan tujuan untuk mendapatkan suara yang jernih dalam pengambilan suara dengan melakukan perekaman di ruang kedap suara (*anechoic*). Adapun ruang kedap suara yang digunakan dalam pengambilan data memiliki bahan penyerap (*absorber*) berbahan *rockwool* dengan koefisien serap bahan sebesar 0.9 yang dapat menyerap seluruh suara sehingga meminimalisir adanya suara pantulan. Berikut adalah lokasi pengukuran pada penelitian ini



Gambar 4.1 Lokasi pengukuran / ruang *anechoic*

Selain pemilihan ruang perekaman, dibutuhkan pula pemilihan alat perekam yang memadai. Adapun alat perekam yang digunakan ialah tipe *recoder zoom H1* dengan spesifikasi sensitifitas tinggi. Zoom H1 dapat menangkap sinyal suara dan merubahnya menjadi softfile dengan ekstention wav (waaaaa) dengan cara megubah sinyal analog menjadi digital. Adanya gelombang mekanik berupa suara yang masuk mengakibatkan Bergeraknya plat kapasitor dan mengubah secara berkala jarak antar plat kapasitor. Perubahan maju mundur dari sebuah plat kapasitor statis mengakibatkan jarak antara plat statis dan dinamis mengalami perubahan. Jarak yang tercipta merupakan jarak jauh dekat plat secara berkala inilah yang merubah reaktansi kapasitif kapasitor dalam rangkaian. Berikut rangkaian dalam recorder.



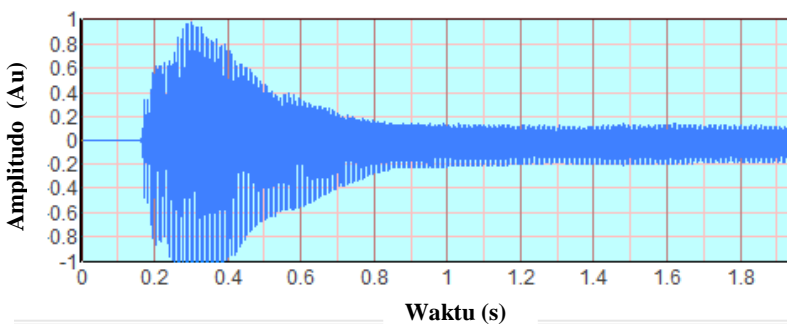
Gambar 4.2 Rangkaian pada recorder secara umum
(www.belajarelektronika.net)

Reaktansi kapasitif berbanding terbalik dengan kapasitansi kapasitor. Berubahnya reaktansi kapasitif kapasitor mengakibatkan naik dan turunnya arus pada rangkaian dan

mengubahnya menjadi sinyal digital yang berbentuk file wav. Berikut hasil sinyal yang diperoleh dari proses perekaman suara.

4.2 Perekaman suara

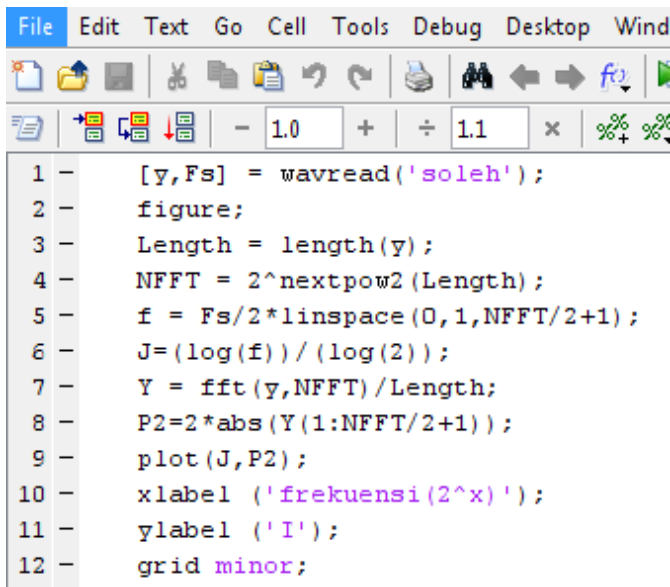
Perekaman 35 sampel yang terdiri dari 15 perempuan dan 20 laki-laki. Pada mulanya perekaman dilakukan dengan pelafalan konsonan huruf “a” dengan waktu 10 sekon. Namun rata-rata pada 2 detik pertama sinyal yang didapatkan belum stabil, begitu pula pada detik ke-8. Maka dari itu sinyal suara yang digunakan ialah detik perekaman ke-3 hingga detik ke-8. Adapun contoh sinyal pelafalan “a” yang didapatkan dari perekaman sample seorang laki-laki ditunjukkan sebagai berikut.



Gambar 4.3 Hubungan antara Amplitudo terhadap waktu sinyal suara lafal “a”

Dari Gambar 4.3 terlihat bahwa pada awal perekaman, sinyal yang didapatkan tidak stabil, secara perlahan mengalami naik dan turun, grafik mulai stabil pada 0.8 detik dan seterusnya. Maka pemilihan analisa dilakukan pada detik ke-2 hingga 8 detik pertama. File yang didapatkan berupa wav, file tersebut dapat ditampilkan dengan menggunakan software realtime analyzer dengan grafik sumbu x berupa waktu dan sumbu y berupa amplitudo gelombang suara yang terrekam. Analisa grafik suara tidak dapat dilakukan pada grafik amplitudo karena parameter

yang diteliti pada penelitian ini ialah frekuensi. Maka dari itu dilakukan transformasi grafik dari amplitudo terhadap waktu menjadi frekuensi terhadap waktu dengan bantuan formula transformasi fourier. FFT merupakan formula untuk mengubah sinyal dari domain waktu menjadi domain frekuensi. Dengan bahasa *coding* dibawah, akan mengubah grafik sinyal pada gambar 4.3 menjadi Gambar 4.5. Berikut *coding* yang digunakan pada software *matlab*



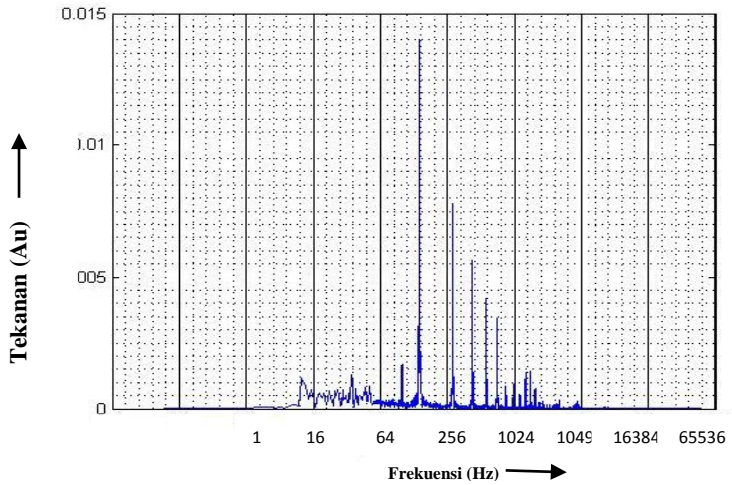
```

1 - [y,Fs] = wavread('soleh');
2 - figure;
3 - Length = length(y);
4 - NFFT = 2^nextpow2(Length);
5 - f = Fs/2*linspace(0,1,NFFT/2+1);
6 - J=(log(f))/(log(2));
7 - Y = fft(y,NFFT)/Length;
8 - P2=2*abs(Y(1:NFFT/2+1));
9 - plot(J,P2);
10 - xlabel('frekuensi(2^x)');
11 - ylabel('I');
12 - grid minor;

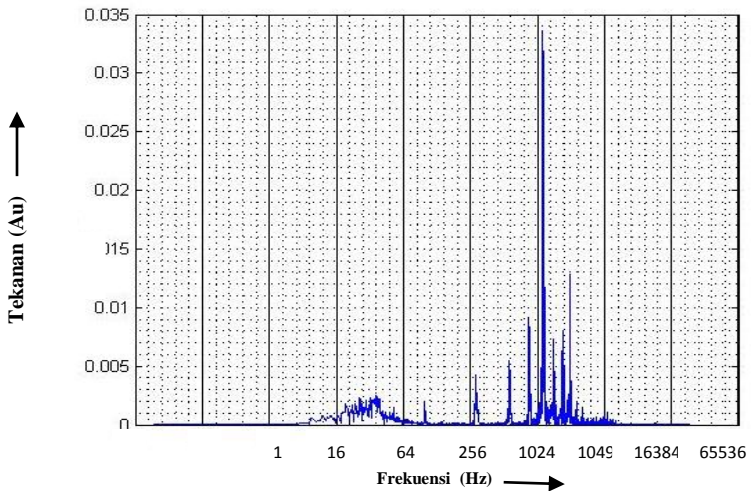
```

Gambar 4.4 Coding pada *matlab*

Grafik hasil transformasi fourier dengan menggunakan *software matlab* dapat ditampilkan pada gambar berikut



Gambar 4.5 Hubungan Frekuensi terhadap Intensitas sinyal suara lafal “a” laki-laki

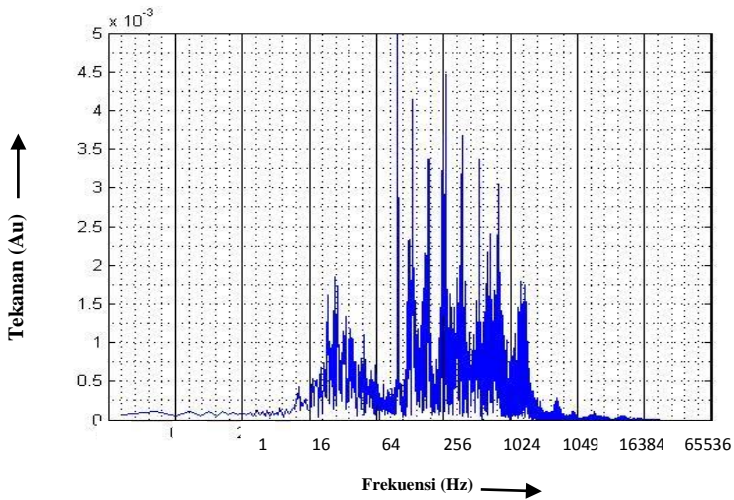


Gambar 4.6 Hubungan Frekuensi terhadap Intensitas sinyal suara lafal “a” perempuan

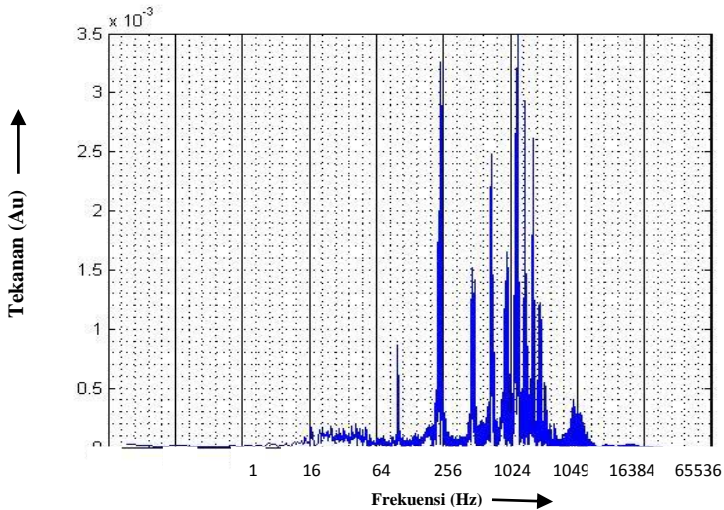
Selain laki-laki, dilakukan pula transformasi pada suara perempuan dengan cara yang sama. Analisa perbandingan antara sinyal suara laki-laki dan perempuan maka dibandingkan antara frekuensi-frekuensi dari masing-masing grafik suara laki-laki dan perempuan. Adapun hasil transformasi sinyal suara perempuan dengan FFT dicontohkan pada grafik berikut ini

Dari dua grafik yang telah ditampilkan, dianalisa pada frekuensi tertentu dengan amplitudo yang tertinggi. Terdapat perbedaan antara laki-laki dan perempuan yakni pada laki-laki, amplitudo tertinggi berada pada frekuensi 2^7 Hz sedang pada perempuan amplitudo tertinggi ada pada frekuensi 2^{10} Hz. Amplitudo tertinggi antara sinyal suara laki-laki dan perempuan juga memiliki perbedaan, adapun nilai amplitudonya antara laki-laki dan perempuan sebesar 0.012 mm dan 0.033 mm. Keduanya, baik amplitudo maupun frekuensi memiliki perbedaan yang cukup jelas antara laki-laki dan perempuan. Amplitudo dari gelombang suara perempuan jauh lebih tinggi dibanding laki-laki, dan begitu pula untuk frekuensinya. Frekuensi gelombang suara perempuan jauh lebih tinggi dibanding frekuensi laki-laki.

Setelah dilakukan analisa terhadap lafal “a” maka dilakukan perekaman kembali untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan pada sebuah konsonan tunggal dibanding dengan penggunaan konsonan dalam sebuah frasa. Adapun frasa yang digunakan ialah frasa “makan malam” dengan asumsi menggunakan 4 konsonan a didapatkan frekuensi yang sama. Adapun hasil yang diperoleh dari perekaman pengucapan “makan malam” pada laki-laki dan perempuan secara berturut-turut ialah sebagai berikut



Gambar 4.7 Hubungan Frekuensi terhadap Intensitas sinyal suara laki-laki lafal “makan malam ” (koleksi pribadi)



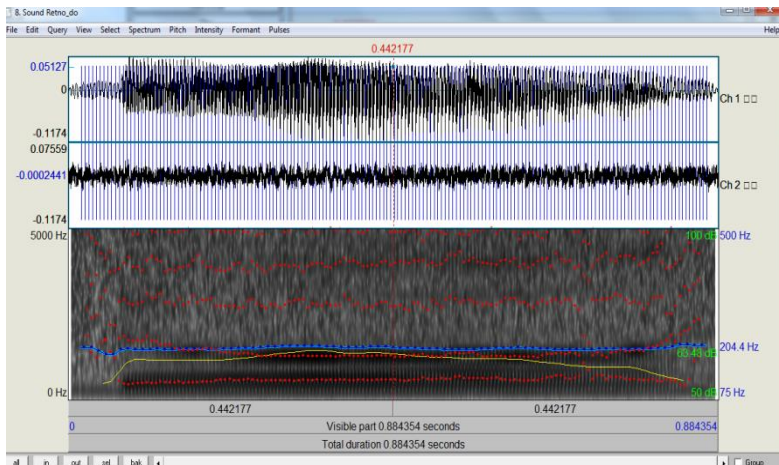
Gambar 4.8 Hubungan Frekuensi terhadap Intensitas sinyal suara perempuan lafal “makan malam ” (koleksi pribadi)

Analisa pada hasil grafik pelafalan “makan malam” tidak memberikan hasil yang cukup jelas daripada lafal konsonan “a” tunggal. Terlihat bahwa pada kedua grafik secara keseluruhan mengalami fluktuasi dan tidak memiliki kesamaan, begitu pula untuk grafik pada 32 sample yang lain. Dari grafik dapat diketahui bahwa rata-rata gelombang suara perempuan memiliki jumlah gelombang yang lebih banyak daripada laki-laki dalam satu waktu yang sama. Karena tidak bisa didapatkan hasil analisa yang jelas, maka sampel suara “ makan malam” tidak digunakan. Setelah diketahui perbedaan suara pria dan wanita dalam lafal “a” maka untuk analisa selanjutnya menggunakan tangga nada dengan masing-masing sampel perekaman menggunakan pilihan kata “Do”, “Re”, “Mi”, “Fa”, “Sol”, “La”, “Si”, dan “Do nada tinggi”. Pemilihan ini dilakukan karena memiliki referensi atau contoh pengucapan serta tingkatan nadanya.

4.3 Analisa menggunakan *software* Praat 4.3

Pada dasarnya tinggi atau rendah intensitas suara tidak mempengaruhi frekuensi gelombang suara tersebut. Awal mulanya analisa tetap menggunakan *software* matlab dengan *coding* sedemikian rupa. Namun grafik yang dihasilkan merupakan grafik antara Amplitudo dengan frekuensi. Dimana dalam penelitian ini dibutuhkan analisa berupa frekuensi terhadap waktu. Maka digunakanlah analisa dengan menggunakan bantuan *software* Praat 4.3 guna menelaah frekuensi-frekuensi tertentu. Adapun *software* praat berguna untuk membantu mengetahui nilai frekuensi di setiap waktu lebih spesifik daripada *software* matlab. Didalam Praat 4.3 ini dengan mudah dapat diketahui parameter-parameter yang ada dalam suara manusia yakni *pitch* (nada dasar), *formant* (nada harmonik) serta dapat pula diketahui *spektrum* (warna suara) dari masing-masing sample.

Analisa yang dilakukan terhadap “Do”, “Re”, “Mi”, “Fa”, “Sol”, “La”, “Si”, dan “Do nada tinggi”. Analisa dilakukan dengan meaplikasikan potongan suara pada tiap nada. Didapatkan contoh tampilan hasil grafik dengan *software* Praat sebagai berikut.



Gambar 4.9 Hasil *software* Praat 4.3 (koleksi pribadi)

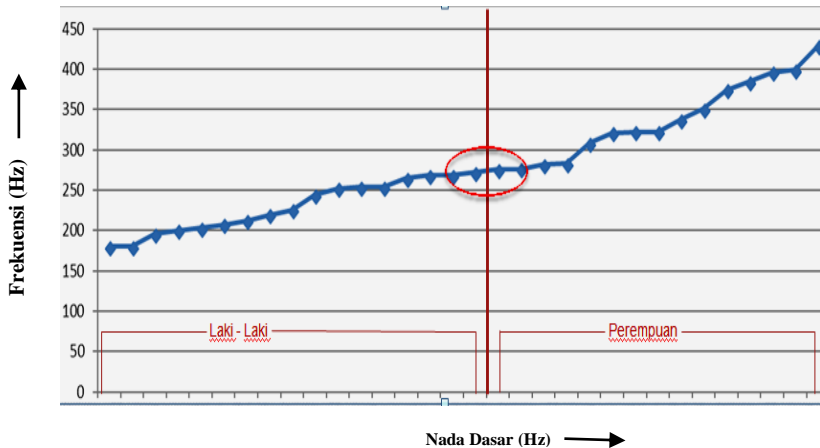
Setelah didapat grafik maka dapat diketahui nilai dari parameter yang dicari. Pada grafik berwarna biru merupakan grafik *pitch* seseorang pada suara hasil potongan dan dianalisa. Selain *pitch* didapat pula intensitas pada grafik yang ditunjukkan berwarna kuning. Suara manusia memiliki warna yang berbeda yang digambarkan pada warna abu-abu dan hitam. Sedangkan grafik merah yang berlapis-lapis merupakan frekuensi *formant*, dimana lapis pertama merupakan *formant* 1, dan setelahnya ialah *formant* 2, *formant* 3, *formant* 4 dan seterusnya. Tidak semua orang memiliki *formant* yang lengkap, serta setiap nada memiliki *formant* yang berbeda-beda. Nilai parameter tersebut dapat ditunjukkan contoh pada tabel sampel “do” berikut ini

Tabel 4.1 Hasil Praat nada “Do”

Nama	Pitch (Hz)	Intensitas (dB)	Formant 1 (Hz)	Formant 2 (Hz)	Formant 3 (Hz)
Nusur Madura	96	67.14	543	1117	2744
Okto Ternate	115	58.02	606.8	0	0
Aryuda Madiun	93.24	59.7	450.8	850,7- 2341	2396- 3887
Faisal Madiun	98.39	62.2	479.2	1021	2584
Aji Lamongan	109.3	56:06:00	540.8	1285- 2884	2468- 3650
Afif Padang	114.8	52-63	580	1406- 2212	2273- 4267
Soleh Bekasi	119	60	540	1104	2434
Nirwan Surabaya	128	66,7	670,6	1851	2552
Faisal Nganjuk	128.3	50-59	661	0	0
Haikal Kalimantan	129	54.64	560	1024	2655
Novanto	129.5	67.09	520.1	1286	2575
Erik Blitar	131.3	69.31	479.2	1149	3063
Haikal Kediri	131.4	60.84	600.7	0	0
Raher Padang	132.6	56.01	459.7	0	0
Bram Surabaya	133.5	66.38	479.2	2776	3892
Windi Surabaya	134.4	66.49	584.6	1351	2774
Baskoro Kalimantan	135.9	69.95	600.7	1185	2635
Reza Tangerang	138	69.2	620.8	1145	2756
Afandi Kediri	153.3	62.43	606.8	3095	4976
Uskur Tangerang	163.3	69.55	520.1	0	0
Finaa Mojokerto	168.1	61.33	511.1	1468	2648
Firman Mojokerto	171.2	67.67	574.9	1245	2903
Andi Bangkalan	175.7	58-64	399	963.3	2494
Aulia Surabaya	191	52.95	395	1225	2534- 3078
Fairuz Tangsel	193.4	59.38	606.8	2808	3956

Isvina Solo	195	57,27	479,2	1755	2967
Retno Bekasi	204.4	63.48	620	1306	2655
Maya Ponorogo	211.9	64.38	479.2	1340	2808
Dita Bangkalan	222.4	52.23	479.8	1124	2575-3219
Kiki Bangkalan	233.5	67.73	543	1277	2776-2935
Chodijah Jakarta	250.9	58.99	574.9	2871	3988
Inayah Kediri	253.2	58.61	540	1245	2776

Hasil tersebut dapat ditunjukkan dengan menggunakan grafik agar mudah untuk dipahami. Adapun grafik yang dihasilkan dari data tersebut disusun secara urut dari frekuensi *pitch* yang terendah menuju tertinggi. Adapun grafik *pitch* digambarkan sebagai berikut



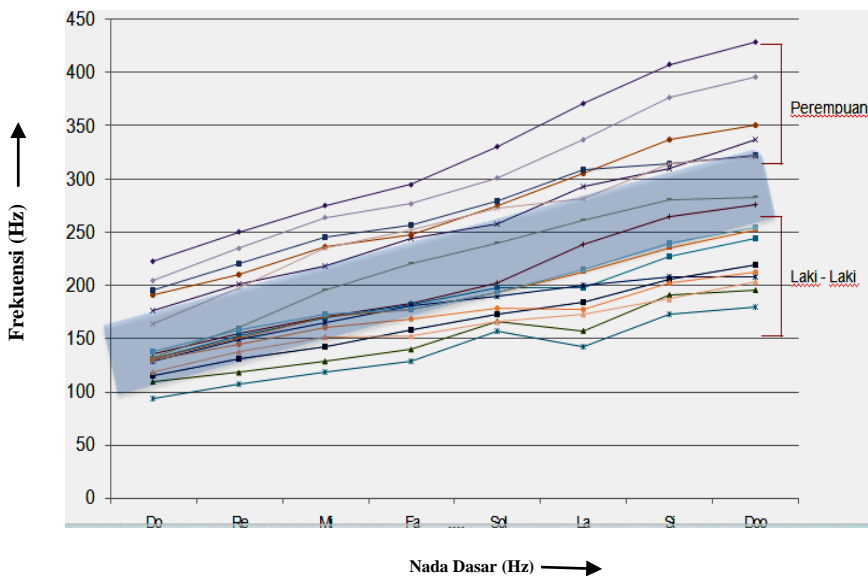
Gambar 4.10 Hasil analisa sample “Do” (koleksi pribadi)

Berdasarkan pada Gambar 4.10 nilai *pitch* laki-laki berkisar antara 100 Hz hingga 150 Hz, sedangkan pada 150 Hz

hingga 180 Hz terdapat tumpang tindih antara *pitch* laki-laki dan perempuan. Sedang pada 8 sampel “do” perempuan memiliki nilai *pitch* 180 Hz hingga 260 Hz. Untuk memperkuat perbedaan *pitch* antara hasil analisa laki-laki dan perempuan, maka dilakukan pula analisa pada grafik *pitch* nada “re” dan seterusnya.

Dari grafik sample mahasiswa terhadap *pitch*, terdapat hasil yang sama dengan grafik hasil “Do” dimana pada “Re” *pitch* laki-laki secara signifikan berada pada rentang 110 Hz – 160 Hz, sedang pada 160 – 200 Hz terjadi percampuran *pitch* laki-laki dan perempuan, selebihnya antara 250 Hz hingga 300 Hz merupakan *pitch* dari perempuan. Begitu pula pada grafik untuk sample potongan “Mi”, “Fa”, “Sol”, “La”, “Si”, dan “Do nada tinggi”. Hasilnya pun sama, laki-laki memiliki *pitch* lebih rendah dari perempuan, namun pada frekuensi tertentu mengalami percampuran, hal ini menandakan bahwa beberapa wanita memiliki suara yang hampir mendekati suara laki-laki serta begitupula laki-laki memiliki *pitch* suara yang cukup halus menyerupai perempuan.

Dari hasil tersebut maka grafik keseluruhan tangga nada “Do”, “Re”, “Mi”, “Fa”, “Sol”, “La”, “Si”, dan “Do nada tinggi” disatukan sehingga dapat terlihat perbedaan signifikan antara laki-laki dan perempuan pada semua tangga nada. Berikut hasil penggabungan analisa tangga nada



Gambar 4.11 Gabungan tangga nada (koleksi pribadi)

Berdasarkan Gambar 4.10, dapat terlihat bahwa pada selang 150 Hz hingga 250 Hz secara jelas terdapat celah kosong diantara banyak grafik. Setelah ditelaah lebih jauh, terlihat bahwa grafik yang berada diatas celah kosong merupakan grafik suara milik perempuan. Dan sebaliknya, grafik pada *pitch* 100 Hz hingga 200 Hz merupakan grafik milik laki-laki. Maka dari itu pada setiap tangga nada, *pitch* perempuan selalu lebih tinggi dibandingkan *pitch* laki-laki. Secara spesifik, dapat ditampilkan pada tabel berikut

Tabel 4.2 Hasil *pitch* tangga nada perempuan dan laki-laki

No	Nada	Laki-laki (Hz)	Perempuan (Hz)
1	Do	90-140	180-230
2	Re	110-160	200-250
3	Mi	120-180	220-280
4	Fa	130-190	250-300

5	Sol	150-200	260-320
6	La	150-220	300-360
7	Si	170-260	300-420
8	Doo	190-270	320-440

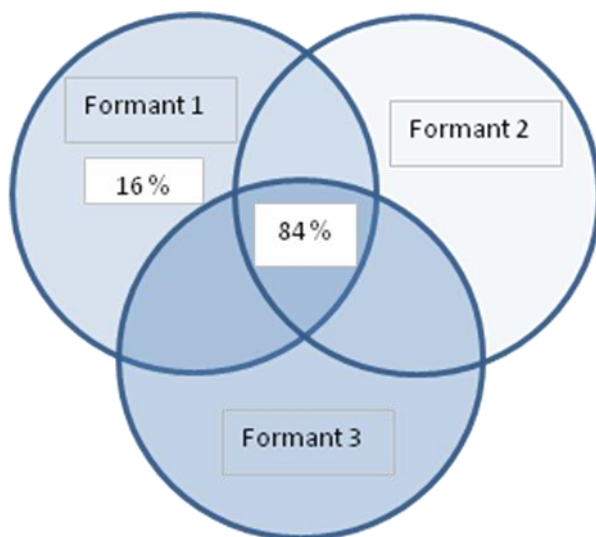
Terlihat bahwa terdapat adanya gap frekuensi yang meningkat seiring pula dengan meningkatnya *pitch* pada setiap tangga nada.

4.4 Analisis Kelengkapan *Formant*

Setelah menganalisis secara luas aspek terkait *pitch* yang merupakan frekuensi dasar. Dapat pula diketahui warna suara dari seseorang yang terlihat pada spektogram pada Praat 4.3. Adapun puncak-puncak dari spektogram membentuk suatu pola tertentu yang disebut *formant*. Pada suara manusia terdapat parameter berupa *formant*, dimana *formant* pada suara manusia tidak terbatas jumlahnya, namun guna penelitian dapat dianalisa cukup 3 *formant* saja. *Formant* yang dimiliki seseorang memiliki kelengkapan yang berbeda-beda.

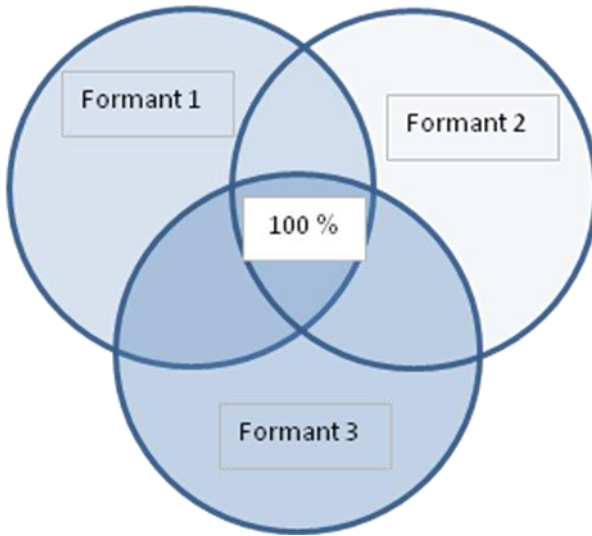
Frekuensi *formant* terjadi ketika bergetarnya pita suara manusia menghasilkan sebuah gelombang suara dengan frekuensi dasar *pitch* melewati sebuah jalur suara (*vocal track*) yang meliputi pangkal tenggorokan, rongga hidung, dan rongga mulut. Gelombang dengan frekuensi dasar mengalami resonansi ketika melewati *vocal track* mengakibatkan adanya gelombang hasil resonansi yang memiliki frekuensi berbeda dari frekuensi dasar. Frekuensi baru hasil resonansi ini disebut dengan frekuensi *formant*. Frekuensi *formant* yang terbentuk pada setiap kata memiliki nilai yang berbeda sesuai dengan bentuk *vocal track* yang dilaluinya.

Dilakukan analisa mengenai kelengkapan *formant* pada setiap tingkatan nada. Adapun hasil klasifikasi tangga nada menurut perbedaan *formant* di tampilkan dalam gambar berikut.



Gambar 4.12 Irisan Kelengkapan *formant* “Do” (koleksi pribadi)

Pada tangga nada “Do” dari 34 sampel suara terdapat prosentasi sebesar 84% memiliki *formant* 1 dan *formant* lengkap. Serta sisanya hanya memiliki *formant* 1. Tidak ada satupun sampel dari nada “Do” yang memiliki frekuensi *formant* 3 saja dan 2 saja. Hal ini dapat diasumsikan bahwa Nada “Do” Hanya memiliki fotmant 1 dan *formant* lengkap. Selain “Do” dianalisa pula nada dasar yang lain dengan cara yang sama. Hasilnya bahwa nada “Re” memiliki *formant* yang lengkap dengan prosentase 91% dari keseluruhan sample serta sisanya memiliki *formant* 1 dan *formant* 2. Berbeda untuk “Mi” memiliki gabungan *formant* 2 dan *formant* 3 sebesar 25% sedang 75% memiliki *formant* lengkap. Hal ini sama dengan nada “Si” yang memiliki komposisi gabungan dari *formant* 2 dan 3. Sedang pada nada “Sol” memiliki komposisi *formant* yang sama dengan “Do”. Berikut irisan *formant* pada nada “Fa” dan “La”



Gambar 4.13 Irisan Kelengkapan *formant* “La” (koleksi pribadi)

Sedang untuk “Fa” dan “La” memiliki komposisi *formant* yang sama yakni *formant* lengkap dengan prosentase hingga 100%.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perekaman serta analisa, dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. *Pitch* berdasarkan gender menunjukkan bahwa rata-rata laki-laki memiliki nilai *pitch* yang lebih tinggi dari perempuan yakni secara berturut berada pada rentang 100 - 150 Hz untuk laki-laki serta 200-250 Hz untuk perempuan.
2. *Formant* tertinggi berada pada lafal La dengan nilai F1 berkisar antara 650 – 950 Hz, *Formant* 2 berkisar antara 1300-1500 Hz serta *formant* 3 berada pada rentang 2500-4000 Hz, dengan nilai yang bergantung pada masing-masing bentuk *vocal tract* seseorang.
3. Sebanyak 100% sample menunjukkan bahwa pada nada fa dan la memiliki *formant* yang lengkap, berbeda dengan do dan sol, memiliki prosentase 84% *formant* lengkap serta sisanya hanya memiliki *formant* gabungan 1 dan 2. Sedangkan pada Mi dan Si dapat terbentuk dari gabungan *formant* 1 dan 2, atau gabungan *formant* 2 dan 3, serta gabungan dari ketiganya yang mencapai 75%.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian ini yaitu perlu adanya penelitian lanjutan sebagai pengembangan dari penelitian dasar ini. Banyak hal yang dapat di *explore* dari penelitian berbasis suara manusia seperti halnya pengaruh *hobby*, kekeluargaan, daerah (logat) serta dapat pula dijadikan studi bagi dunia kedokteran maupun keamanan. .

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Azhar, M. Nuh,. (2013). Mobile Forensic Investigation. Hacking and Digital forensic Expo (Hadfex). UII Yogyakarta
- Aligardh, Aga. 2016, Metode Forensik menggunakan *Pitch*, *Formant*, dan spektogram untuk analisis suara.
- Fitch,W.T., 1986, "*Vocal Tract Length Perception and The Evolution of Language*", Thesis, Department of Cognitive and Linguistic Sciences at Brown University.
- Bruel & Kjaer, 1986, Noise Control: Principles and Practices 2nd edition, Denmark; Naerum offset.
- Egan M.D, 1972, Concepts in Architectural Acoustics. New York: McGraw Hill. Company, Inc.
- Doelle, Leslie L, 1972, Environmental Acoustic. New York: Mc Graw-Hill.
- Halliday, David & Resnick, Robert, 1992, Fisika Jilid I edisi ketiga, Bandung; ITB.
- Lawrence R. Rabiner,Ronald W, 2007, Introduction to Digital Speech Processing, Foundation And Trends In Signal Processing, Vol 1 No 1-2,pp 1-194
- Marsudi. 2006, Analisa Frekuensi *Formant* Pada Lima Huruf Hidup Bahasa Indonesia Dialek Jawa Surakarta dengan Permodelan Tabung Akustik Sederhana. UNS
- Subali, Muhammad. 2014, Frekuensi Forman Sebagai Model Akustik Tabung Sederhana Dari Vocal Tract.
- Sound Research Laboratories Ltd, 1976. Practical building physics, John Wiley and Sons Inc, New York.
- Praktikum Untan, 2014. Praktikum Fisika Dasar 2B. Universitas Tanjung Pura, Pontianak.
- Prasetio, Lea. 2003, Elktro Akustik, Jurusan Fisika FMIPA ITS; Surabaya; ITS.
- www.dosenbiologi.com diakses pada tanggal 05 Maret 2018 pukul 15.15 WIB

<http://mthematics-science-biology.blogspot.com> diakses pada tanggal 14 Juni 2018 pukul 09.11 WIB

<http://waterfilling.blogspot.com> diakses pada tanggal 11 April 2018 pukul 11.31 WIB

<http://www.aseprespati.blogspot.com> diakses pada tanggal 22 Maret 2018 pukul 16.40 WIB

BIOGRAFI PENULIS



Mira Anjani, wanita asli Kediri berusia 19 tahun pada 1 Maret 2016, memiliki hobby menjelajah ciptaan Tuhan dan melukis ulang kenangan dengan kata – kata panjang. Saat ini sedang belajar mewujudkan angan dengan mengenyam pendidikan di Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Pribadi yang

supel, ramah dengan selera humor sedikit diatas normal. Merupakan anak ke-2 dari 2 bersaudara yang lahir dari pasangan Sri Utami Nurhayati dan alm. Moch, Yahya. Penulis menempuh pendidikan formal antara lain di SDN Papar 1, SMPN 1 Papar, dan SMAN 1 Kediri. Penulis dibesarkan di Jawa Timur, kemudian menjadi mahasiswa Fisika ITS sejak tahun 2014 melalui jalur SNMPTN dengan NRP 1114100030 dan mendalami bidang Medis dan Akustik. Selama menjalankan masa belajar di Fisika ITS, penulis aktif sebagai Asisten Fisika Dasar II pada tahun 2018, penulis juga aktif dalam beberapa organisasi, diantaranya Staf Kesejahteraan Mahasiswa HIMASIKA ITS 2015/2016, Staf DAGRI BEM FMIPA ITS 2016/2017, dan Sekretaris Umum BEM FMIPA ITS 2017/2018, selain itu penulis juga aktif dalam kegiatan luar kampus seperti menjadi Pemandu Latihan Dasar

Kepemimpinan Mahasiswa serta anggota UKM Pramuka. Besar Harapan penulis agar karya ini dapat dikembangkan dan memberikan manfaat kepada pembaca dan menjadi kontribusi penulis. (miraanjani000@gmail.com)

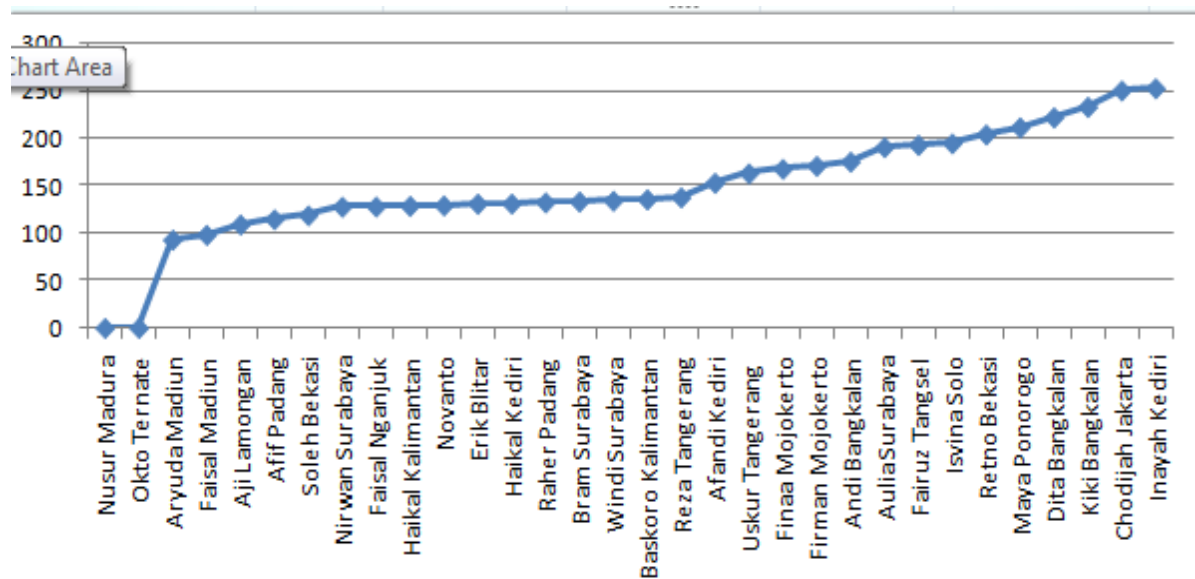
Lampiran A

Dari data hasil analisa dengan menggunakan software *Praat* 4.3, didapatkan nilai-nilai parameter sesuai dengan lafal tingkatan nada sebagai berikut

Tabel A.1 Hasil analisa Praat pada lafal “Do”

Nusur Madura	96	67.14	543	1117	2744
Okto Ternate	115	58.02	606.8	0	0
Aryuda Madiun	93.24	57,29-59,7	450.8	850,7-2341	2396-3887
Faisal Madiun	98.39	62.2	479.2	1021	2584
Aji Lamongan	109.3	56:06:00	540.8	1285-2884	2468-3650
Afif Padang	114.8	52-63	580	1406-2212	2273-4267
Soleh Bekasi	119	60	540	1104	2434
Nirwan Surabaya	128	66,7	670,6	1851	2552
Faisal Nganjuk	128.3	50-59	661	0	0
Haikal Kalimantan	129	54.64	560	1024	2655
Novanto	129.5	67.09	520.1	1286	2575
Erik Blitar	131.3	69.31	479.2	1149	3063
Haikal Kediri	131.4	60.84	600.7	0	0
Raher Padang	132.6	56.01	459.7	0	0

Bram Surabaya	133.5	66.38	479.2	2776	3892
Windi Surabaya	134.4	66.49	584.6	1351	2774
Baskoro Kalimantan	135.9	69.95	600.7	1185	2635
Reza Tangerang	138	69.2	620.8	1145	2756
Afandi Kediri	153.3	62.43	606.8	3095	4976
Uskur Tangerang	163.3	69.55	520.1	0	0
Finaa Mojokerto	168.1	61.33	511.1	1468	2648
Firman Mojokerto	171.2	67.67	574.9	1245	2903
Andi Bangkalan	175.7	58-64	399	963.3	2494
Aulia Surabaya	191	52.95	395	1225	2534-3078
Fairuz Tangsel	193.4	59.38	606.8	2808	3956
Isvina Solo	195	57,27	479,2	1755	2967
Retno Bekasi	204.4	63.48	620	1306	2655
Maya Ponorogo	211.9	64.38	479.2	1340	2808
Dita Bangkalan	222.4	52.23	479.8	1124	2575-3219
Kiki Bangkalan	233.5	67.73	543	1277	2776-2935
Chodijah Jakarta	250.9	58.99	574.9	2871	3988
Inayah Kediri	253.2	58.61	540	1245	2776

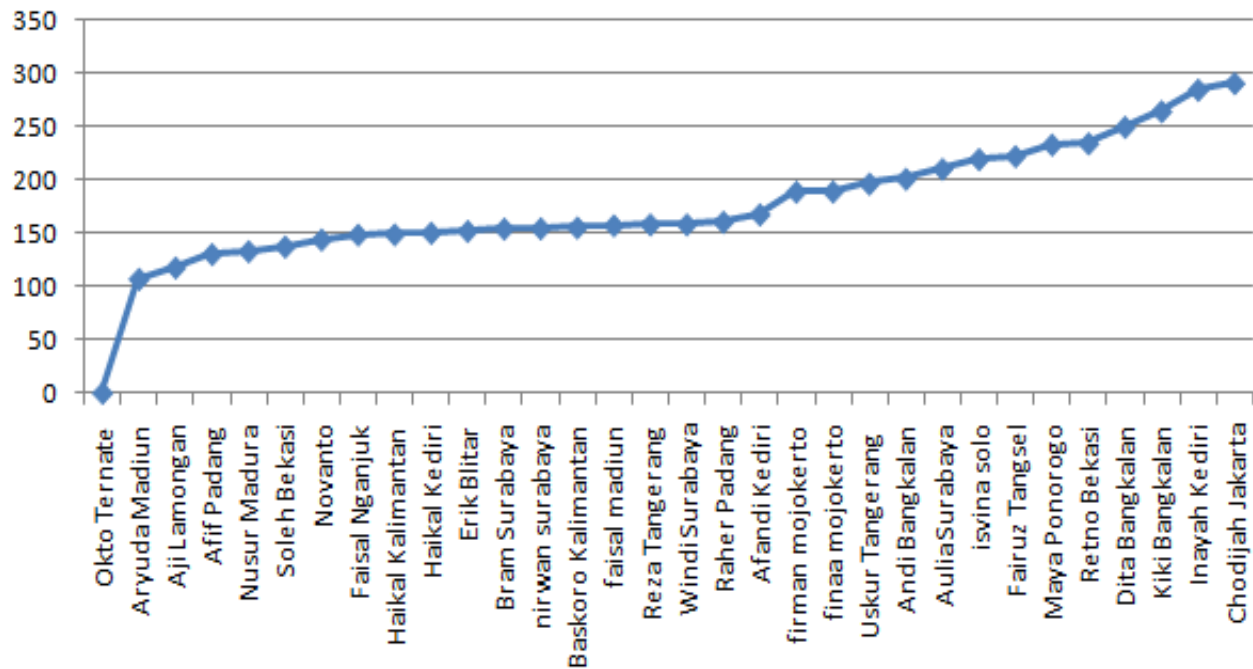


Gambar A.1 analisa Praat pada lafal “Do”

Tabel A.2 Hasil analisa Praat pada lafal “Re”

Nama	<i>Pitch</i> (Hz)	Intensitas (dB)	<i>Formant 1</i> (Hz)	<i>Formant 2</i> (Hz)	<i>Formant 3</i> (Hz)
Okto Ternate	135	58.69	447.4	1851	2839
Aryuda Madiun	107.1	57.87	497	1767	2490-3167
Aji Lamongan	117.9	69.08	540.8	1877	2468-3322
Afif Padang	130.5	63.87	540.3	1950	2595-3139
Nusur Madura	133.2	70.19	574.9	2042	4051
Soleh Bekasi	137.6	59.8	512.7	1825	2563
Novanto	144.2	67.5	615.2	1989	2768
Faisal Nganjuk	148.8	59.36	501.4	1934	0
Haikal Kalimantan	149	59.23	582.1	1894	2459
Haikal Kediri	150.6	60.45	594.7	1927	2686
Erik Blitar	152.3	69.61	574.9	1755	2521
Bram Surabaya	154.5	63.17	574.9	1851	2425
nirwan surabaya	154.7	72.69	543	1978	2871
Baskoro Kalimantan	155.5	71.29	602.3	2055	2600

faisal madiun	157.5	72.37	606.8	2010	2839
Reza Tangerang	158.4	70.29	533.2	2071	2891
Windi Surabaya	158.4	71.87	606.5	1942	2665
Raher Padang	160.8	55.68	451.2	1927	2625
Afandi Kediri	167.9	64.38	543	2074	2909
firman mojokerto	189.2	63.21	638.7	2106	2808
finaa mojokerto	189.4	60.53	543	2042	2712
Uskur Tangerang	196.8	64.43	533.2	1948	0
Andi Bangkalan	201.3	64.53	420.7	1934	2358
Aulia Surabaya	210.6	59.59	440.8	2621	0
isvina solo	219.8	57.74	543	1851	3095
Fairuz Tangsel	222.6	61.28	574.9	2233	2712
Maya Ponorogo	233.5	67.98	766.3	1851	3127
Retno Bekasi	234.7	66.07	738.3	2174	3158
Dita Bangkalan	250.1	51.56	501.4	2176	3327
Kiki Bangkalan	264.8	68.63	543	2425	2635
Inayah Kediri	285	56.59	481	1347-2259	2762-3246
Chodijah Jakarta	291.2	58.64	638.7	2265	3254

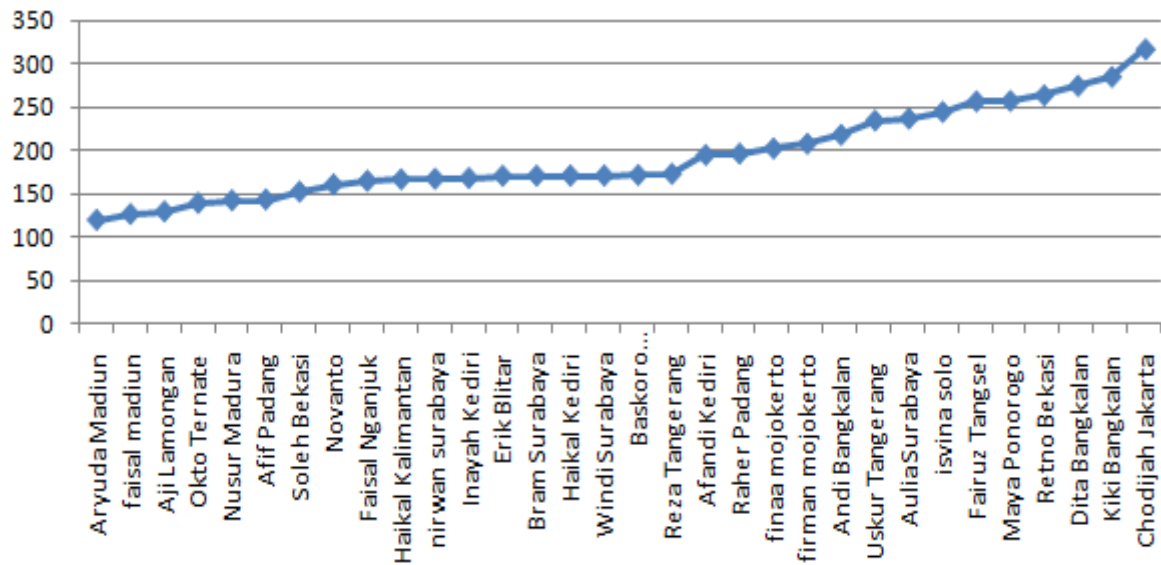


Gambar A.2 Analisa Praat pada lafal “Re”

Tabel A.3 Hasil analisa Praat pada lafal “Mi”

Nama	<i>Pitch</i> (Hz)	Intensitas (dB)	<i>Formant 1</i> (Hz)	<i>Formant 2</i> (Hz)	<i>Formant 3</i> (Hz)
Aryuda Madiun	118.7	52,7-57,2	431.3	1636-2139	2687-3300
faisal madiun	125.5	63.07	415.5	2202	2839
Aji Lamongan	128.6	64.68	431.3	1745-2665	2774-3782
Okto Ternate	138.5	60.29	351.7	1851	0
Nusur Madura	141.6	65.2	543	2425	4083
Afif Padang	142.5	61.63	420.7	1813	2399-3186
Soleh Bekasi	151.6	55.95	410.2	0	0
Novanto	160	61.38	512.7	2440	3158
Faisal Nganjuk	164.2	60.1	561.9	1813	0
Haikal Kalimantan	166	56.18	461	844-2580	3408
nirwan surabaya	166.7	66.92	447.4	1883	2935
Inayah Kediri	167.5	62.89	945.4	1732	2903-3771
Erik Blitar	170	61.44	511.1	3190	3509
Bram Surabaya	170.2	65.39	447.4	2138	3701
Haikal Kediri	170.4	59.92	492.2	0	2768

Windi Surabaya	170.4	72.16	453.2	1889-2665	2862
Baskoro Kalimantan	171.1	72.31	360.1	2439	3044
Reza Tangerang	172.4	66.36	533.2	0	0
Afandi Kediri	194.3	63.61	574.9	0	0
Raher Padang	196	53.87	389.7	1866	2912
finaa mojkerto	201.9	61.86	319.8	1787	2935
firman mojkerto	207.4	66.2	415.5	2010	3031
Andi Bangkalan	217.8	60.1	360.1	783.9-1934	2419
Uskur Tangerang	234.5	61.68	389.7	0	0
Aulia Surabaya	236.7	62.2	360.1	844.5	3024
isvina solo	244.5	62.32	351.7	1883	3063
Fairuz Tangsel	256.8	59.09	543	3222	4434
Maya Ponorogo	257.3	65.45	543	2871	4115
Retno Bekasi	263.8	64.91	553.7	0	2912-3912
Dita Bangkalan	274.9	50.72	461	985.8	2903
Kiki Bangkalan	285.3	68.92	479.2	1723-3541	4211-4817
Chodijah Jakarta	317.4	61.87	479.2	2712	4275

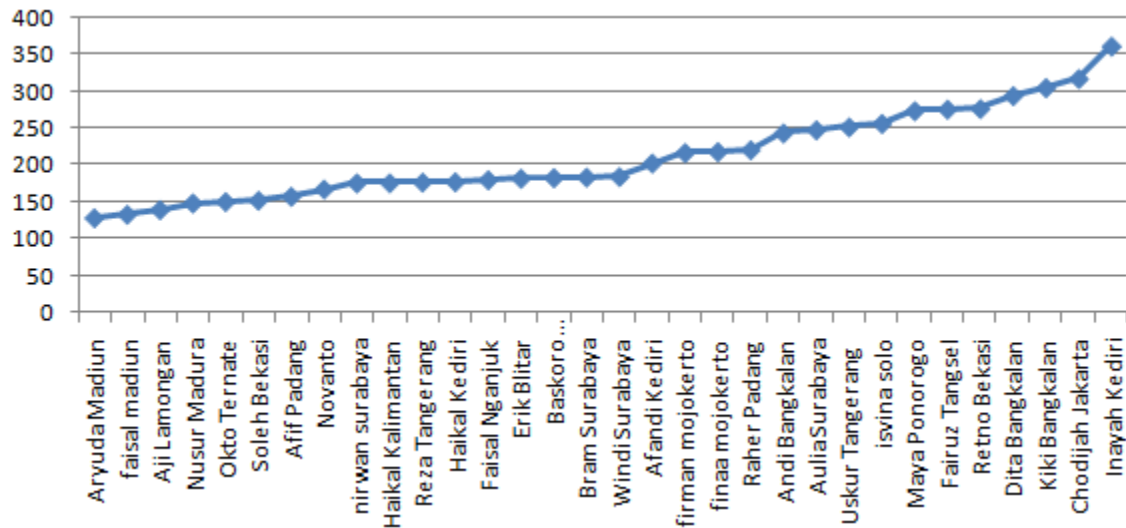


Gambar A.3 Analisa Praat pada lafal “Mi”

Tabel A.4 Hasil analisa Praat pada lafal “Fa”

Nama	<i>Pitch</i> (Hz)	Intensitas (dB)	<i>Formant 1</i> (Hz)	<i>Formant 2</i> (Hz)	<i>Formant 3</i> (Hz)
Aryuda Madiun	128.5	58.41	650.39	1285	2774
faisal madiun	133.3	65.29	830.1	1436	2680
Aji Lamongan	139.7	2052	672.2	1329	2512-3015
Nusur Madura	148.6	69.3	830.1	1564	3158
Okto Ternate	150.5	58.08	702.5	1277	2712-3158
Soleh Bekasi	152.4	58.8	708.3	1414	2659
Afif Padang	157.7	60.95	723.4	1349-2096	2843
Novanto	167.6	68.9	770.5	1601	2700
nirwan surabaya	175.9	70.8	798.2	1340	2839
Haikal Kalimantan	176	69.85	714.1	1163	2348-2981
Reza Tangerang	177	77.42	791.3	1393	2783
Haikal Kediri	177.4	63.68	799.8	1456	2994
Faisal Nganjuk	180.1	60.69	763.7	1490	2641-3125
Erik Blitar	182.1	71.76	798.2	1468	3573
Baskoro Kalimantan	183	72.23	734.5	1490	2552

Bram Surabaya	183.8	67.94	670.6	1436	3860
Windi Surabaya	184.4	73.31	759.9	1439	2556
Afandi Kediri	202.8	74.94	638.7	1564	2839
firman Mojokerto	217	73.33	734.4	1404	2712
finaa Mojokerto	218.3	62.32	638.7	1372	2776
Raher Padang	220.8	62.88	666.8	1310	2514
Andi Bangkalan	243.6	62.82	571.1	1265	0
Aulia Surabaya	247.9	62.64	979.6	1184-2123	3492
Uskur Tangerang	251.8	70.39	749.8	1310	2970
isvina solo	256.6	62.26	862	1436	3127
Maya Ponorogo	273.8	69.35	839.9	1532	3190
Fairuz Tangsel	275.9	61.39	766.3	1691	2808
Retno Bekasi	276.6	67.43	957.3	1601-1953	3240
Dita Bangkalan	294.3	62.47	857	1531	1837
Kiki Bangkalan	305.1	68.34	925.8	1117-1596	3350
Chodijah Jakarta	317.4	66.52	1053	4307	4275
Inayah Kediri	361.3	63.93	918.3	1184	1551

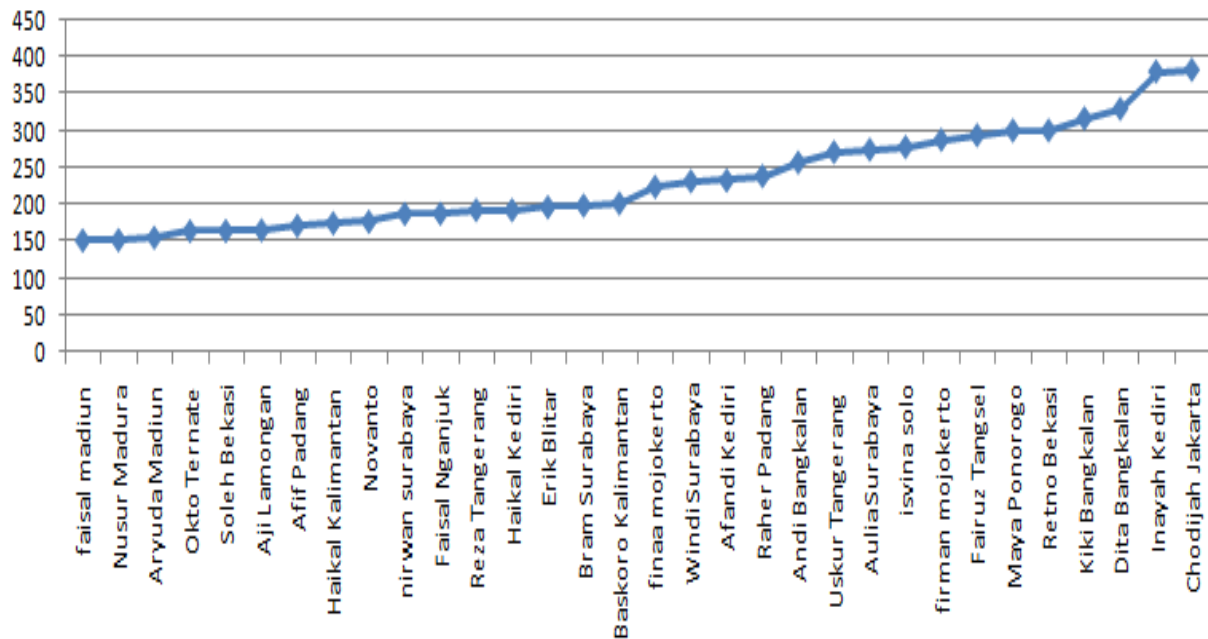


Gambar A.4 Analisa Praat pada lafal “Fa”

Tabel A.5 Hasil analisa Praat pada lafal “Sol”

Nama	<i>Pitch</i> (Hz)	<i>Intensitas</i> (dB)	<i>Formant 1</i> (Hz)	<i>Formant 2</i> (Hz)	<i>Formant 3</i> (Hz)
faisal madiun	152.6	64.6	574.9	1117	2680
Nusur Madura	153.2	68.46	734.4	1117	2616-2967
Aryuda Madiun	156.6	64.23	716	1417	2818
Okto Ternate	165.3	61.81	543	1309	2489-3127
Soleh Bekasi	165.5	59.1	593.1	981.9	2824
Aji Lamongan	166.5	73.99	759.8	1373	2424
Afif Padang	172.4	61.54	632.4	1388	2797
Haikal Kalimantan	176	69.85	754.9	1204	2266-2899
Novanto	177.9	65.59	673.2	1309	2701
nirwan surabaya	188.6	72.41	667.6	1213	2808
Faisal Nganjuk	189	63.54	673.2	1368	0
Reza Tangerang	193.6	77.86	695.4	1258	2762-3192
Haikal Kediri	193.7	63.95	714.1	1163	2675-326
Erik Blitar	197.4	74.51	670.6	1117	3509
Bram Surabaya	199.8	70.96	670.6	1245	3828

Baskoro Kalimantan	202.7	78.34	632.4	1265	2450
finaa Mojokerto	225.1	62.81	543	1277	2839
Windi Surabaya	232.6	78.25	737.9	1570	2512
Afandi Kediri	233.5	70.54	574.9	2808	4147
Raher Padang	239.4	61.41	552.2-1760	490.8-1350	2476
Andi Bangkalan	257.8	68.72	489.4	1041	0
Uskur Tangerang	271.8	72.85	613.6	1084	3049
Aulia Surabaya	275.2	64.69	693.6	1123	3532
isvina solo	278.7	61.98	606.8	1340	2808
firman Mojokerto	288.4	72.27	606.8	1181	2839
Fairuz Tangsel	294.6	64.83	702.5	1309	2744
Maya Ponorogo	300.9	66.13	798.2	1340	3445
Retno Bekasi	301	67.59	797.8	1330	0
Kiki Bangkalan	317.2	70.03	766.3	1277	0
Dita Bangkalan	330.2	65.54	693.6	1306	3328
Inayah Kediri	380.4	59.26	652.8-1613	1143	1980
Chodijah Jakarta	382.8	66.17	766.3	1277	4339

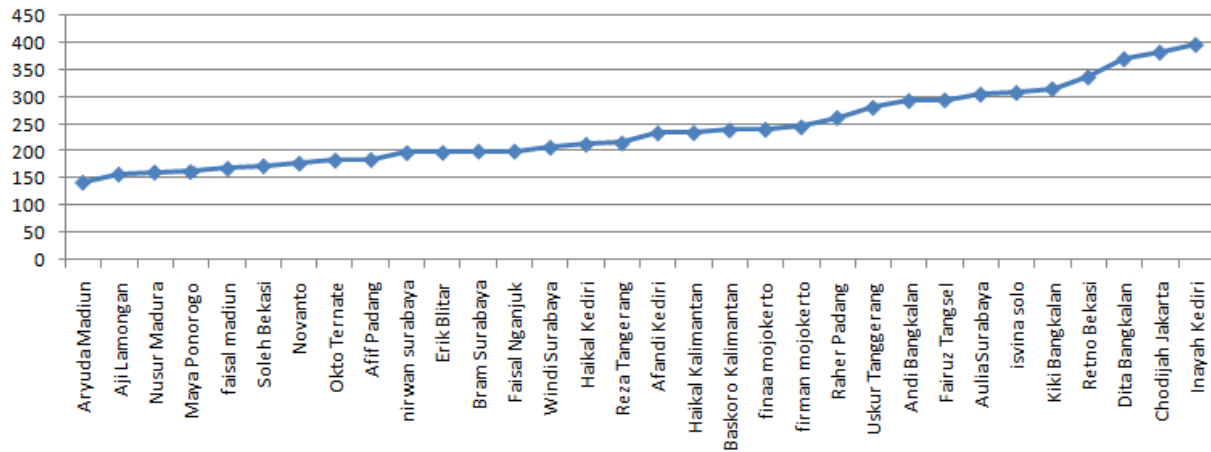


Gambar A.5 Analisa Praat pada lafal “Sol”

Tabel A.6 Hasil analisa Praat pada lafal “La”

Nama	<i>Pitch</i> (Hz)	<i>Intensitas</i> (dB)	<i>Formant 1</i> (Hz)	<i>Formant 2</i> (Hz)	<i>Formant 3</i> (Hz)
Aryuda Madiun	142.3	62.58	606.5	1263	2864
Aji Lamongan	157.4	70.77	650.3	1198	2709
Nusur Madura	161.1	69.22	766.3	1627	3127
Maya Ponorogo	162.2	67.57	989.6	1691	3254
faisal madiun	168	64.48	798.2	1500	2776
Soleh Bekasi	172.7	61.7	763.7	1410	2800
Novanto	177.5	67.72	763.7	1652	2883
Okto Ternate	183.1	63.01	638.7	1340	2712
Afif Padang	184.4	61.14	634.1	1596	2783
nirwan surabaya	197.2	72.09	734.4	1340	2680
Erik Blitar	197.4	74.51	670.6	1117	3509
Bram Surabaya	199.8	70.96	670.6	1245	3828
Faisal Nganjuk	199.9	62.77	703.8	1534	2739-3232
Windi Surabaya	207	72.52	669	1360	2596
Haikal Kediri	212.5	64.89	723.4	1510	3004

Reza Tangerang	214.9	77.52	783.9	1510	3024
Afandi Kediri	233.5	70.54	574.9	2808	4147
Haikal Kalimantan	234	67.99	721.6	1225	2232-2575
Baskoro Kalimantan	239	79.06	741.7	1527	2393
finaa Mojokerto	240.1	66.3	638.7	1500	2967
firman Mojokerto	244.8	75.8	766.3	1532	2776
Raher Padang	261.9	64.97	763.7	1369	2456
Uskur Tangerang	280.8	67.72	723.4	1470	2863-3145
Andi Bangkalan	293.4	67.57	797.8	1350	2905
Fairuz Tangsel	294.6	64.83	702.5	1309	2744
Aulia Surabaya	305.2	65.83	850.2	1109	1507-1856
isvina solo	308.3	63.17	734.4	1596	3222
Kiki Bangkalan	315.3	68.83	957.7	1627	3382
Retno Bekasi	336.9	66.45	905	1995	3347
Dita Bangkalan	370.6	63.9	862.6	1145	1890
Chodijah Jakarta	382.8	66.17	766.3	1277	4339
Inayah Kediri	397	56.62	521.6	1773	2762

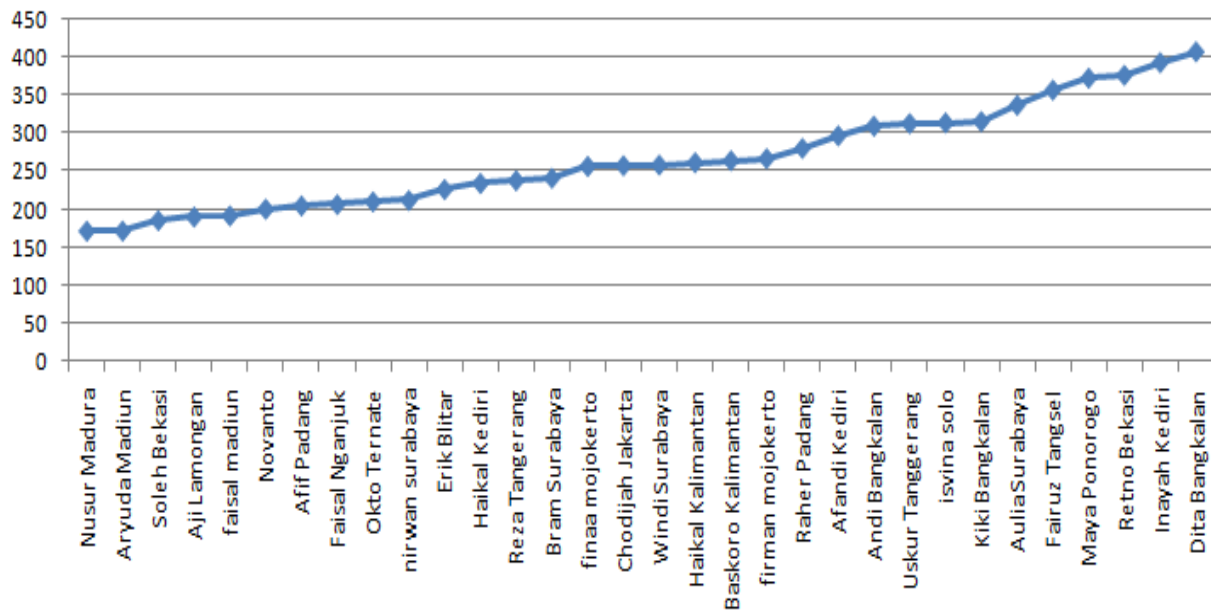


Gambar A.6 Analisa Praat pada lafal “La”

Tabel A.7 Hasil analisa Praat pada lafal “Si”

Nama	<i>Pitch</i> (Hz)	<i>Intensitas</i> (dB)	<i>Formant 1</i> (Hz)	<i>Formant 2</i> (Hz)	<i>Formant 3</i> (Hz)
Nusur Madura	172.7	6.57	479.2	3286	4370
Aryuda Madiun	172.9	62.63	409.4	1942	2796
Soleh Bekasi	186.7	52.95	400.5	2277	2984
Aji Lamongan	191.2	63.79	409.4	2293	2665-3475
faisal madiun	192.8	65.03	415.5	2106	2744
Novanto	201.5	62.91	440.8	2439	2943
Afif Padang	205.9	61.42	481.2	0	0
Faisal Nganjuk	207.5	62.77	440.8	0	0
Okto Ternate	211.2	63.09	447.4	2202	2871
nirwan surabaya	212.9	67.33	415.5	2074	2967
Erik Blitar	227.3	64.11	479.2	1946	3414
Haikal Kediri	235.2	64.79	461	0	2782
Reza Tangerang	238.8	71.9	501.4	2277-2600	2923
Bram Surabaya	242	65.42	383.6	2233	2680
finaa Mojokerto	257.5	68.63	383.6	2425	4020

Chodijah Jakarta	258.4	70.6	543	2712	4785
Windi Surabaya	259.3	68.15	578.1	1996-2251	2760
Haikal Kalimantan	262.3	60.49	339.9	0	2176
Baskoro Kalimantan	264.9	73.88	380.3	2197	2843
firman Mojokerto	267.6	65.65	511.1	2170	2935
Raher Padang	281	56.76	360.1	1995	2802
Afandi Kediri	297.5	64.23	574.9	2106	4275
Andi Bangkalan	310.1	67.54	400.5	1625-2015	2419
Uskur Tangerang	313.4	68.82	360.1	0	0
Isvina Solo	314.4	61.32	415.5	1787	2903
Kiki Bangkalan	316.2	68.65	447.4	0	0
Aulia Surabaya	337.4	66.49	400.5	1470	2762
Fairuz Tangsel	357.4	62.85	447.4	1659	2903
Maya Ponorogo	372.9	64.15	543	2361	3190
Retno Bekasi	376.7	63.48	582.1	0	2701
Inayah Kediri	393.2	56.7	541.7	1732	2742
Dita Bangkalan	407.4	61.27	440.8	1975	2923

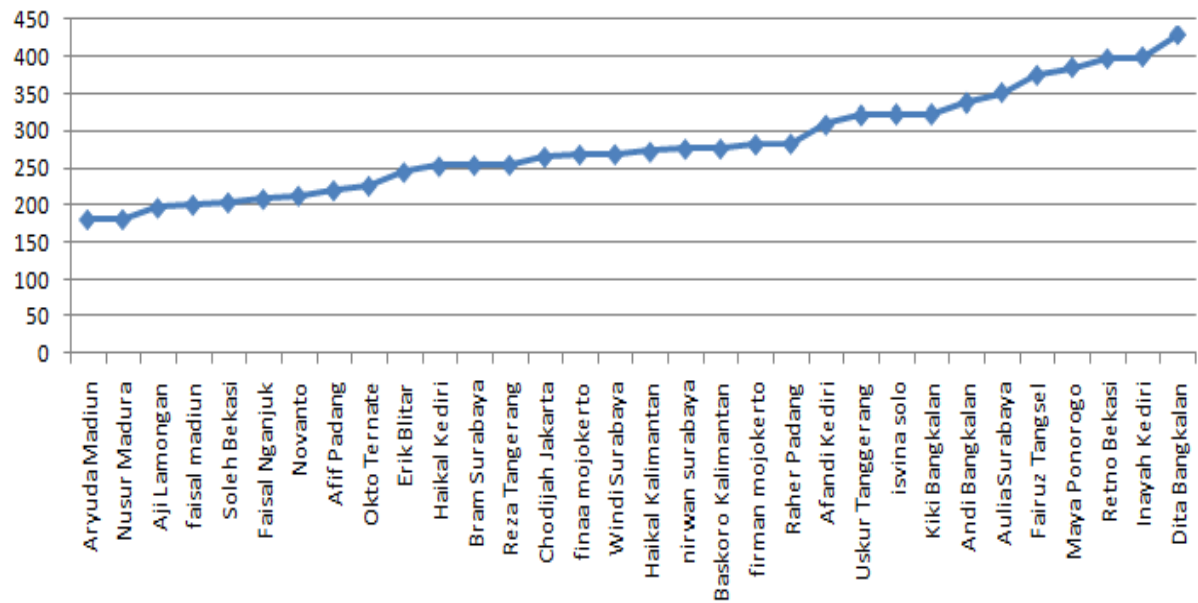


Gambar A.7 Analisa Praat pada lafal “Si”

Tabel A.8 Hasil analisa Praat pada lafal “Doo”

Nama	<i>Pitch</i> (Hz)	<i>Intensitas</i> (dB)	<i>Formant 1</i> (Hz)	<i>Formant 2</i> (Hz)	<i>Formant 3</i> (Hz)
Aryuda Madiun	179.9	64.11	518.9	1220	2687-3300
Nusur Madura	180.1	69.19	743.6	606.8	2680-3063
Aji Lamongan	195.7	71.05	475.1	1154	2621
faisal madiun	199.7	70.94	479.2	10553	2680
Soleh Bekasi	202.9	66.76	681.3	1145	2675
Faisal Nganjuk	207.5	64.67	561.9	1228	2742
Novanto	212	66.51	500	1145	2635
Afif Padang	219.3	64.3	582.1	0	0
Okto Ternate	225.4	73.33	543	989.6	2744
Erik Blitar	244	78.17	543	1053	3318
Haikal Kediri	252.1	71.55	561.9	1167	2822
Bram Surabaya	253.5	72.96	574.9	1149	3828
Reza Tangerang	254	80.09	701.4	1245	3159
Chodijah Jakarta	264.6	65.8	606.8	1053	4179
finaa Mojokerto	268	71.66	574.9	1213	2776

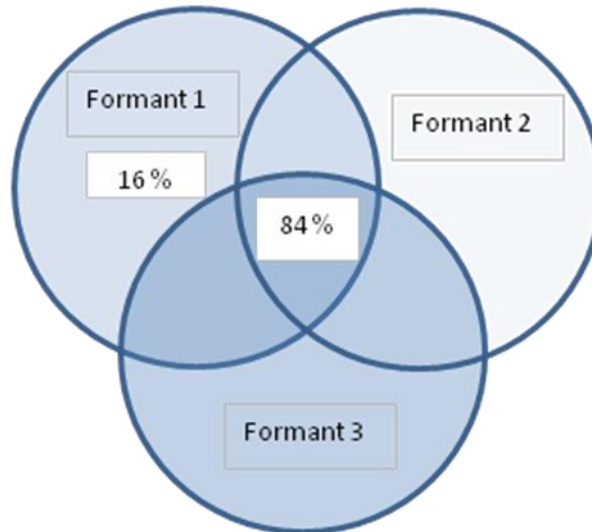
Windi Surabaya	268.3	80.28	628.4	1285	2577
Haikal Kalimantan	271.7	61.14	461	844.5	0
nirwan surabaya	275.5	73.51	574.9	1085	2776
Baskoro Kalimantan	275.9	77.98	561.9	1349	2520
firman mojokerto	281.6	74.02	638.7	1181	2744
Raher Padang	282.9	70.48	620.8	1145	2615
Afandi Kediri	308.4	82.77	670.6	1372	2808
Uskur Tangerang	320.7	75.38	661.1	1265	2897-3139
isvina solo	322.1	64.35	670.6	1372	2808
Kiki Bangkalan	322.2	73.29	702.5	1309	3477
Andi Bangkalan	337.5	66.78	541.7	985.8	2742
Aulia Surabaya	350.7	64.4	743.6	1147	0
Fairuz Tangsel	373.9	61.11	638.7	1309	2839
Maya Ponorogo	384.5	72.51	798.2	1468	3318
Retno Bekasi	396	73.67	822.3	1628	2957-3421
Inayah Kediri	398.7	60.91	783.9	1288	1975
Dita Bangkalan	428.4	59.56	844.5	1329	3488



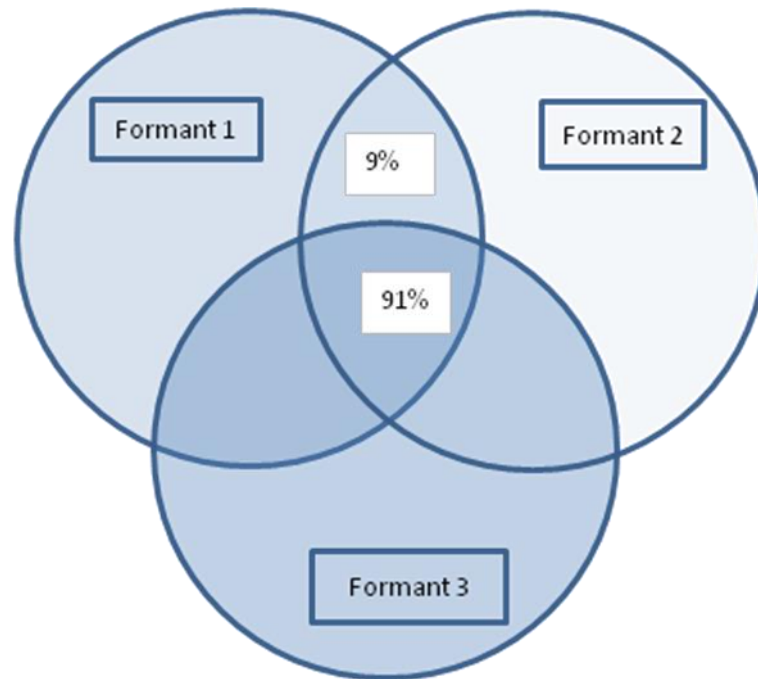
Gambar A.8 Analisa Praat pada lafal “Doo”

Lampiran B

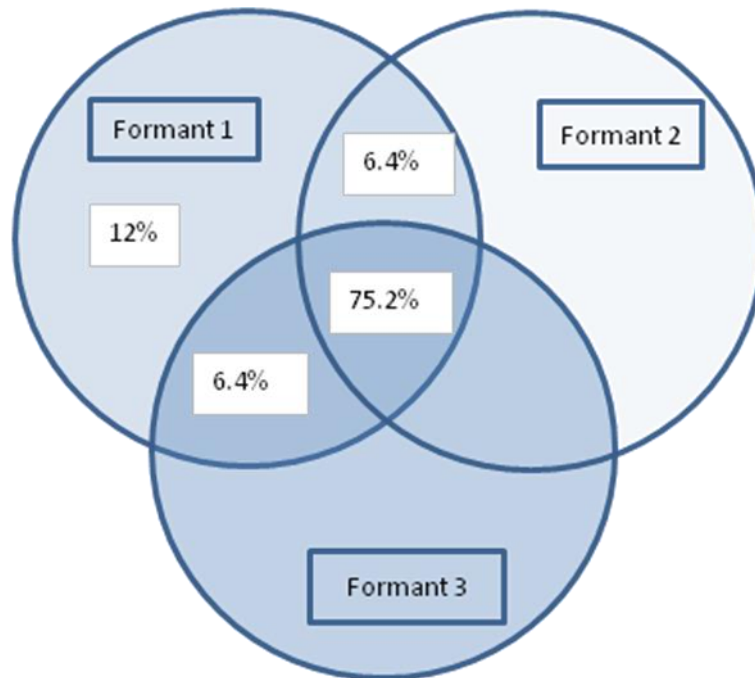
Data prosentase sampel suara mengenai kelengkapan *formant* berdasarkan laval nada didapat



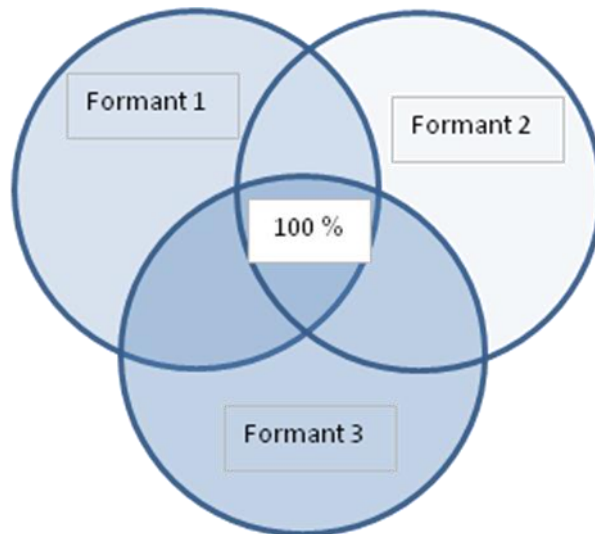
Gambar B.1 Irisan Kelengkapan *formant* “Do”



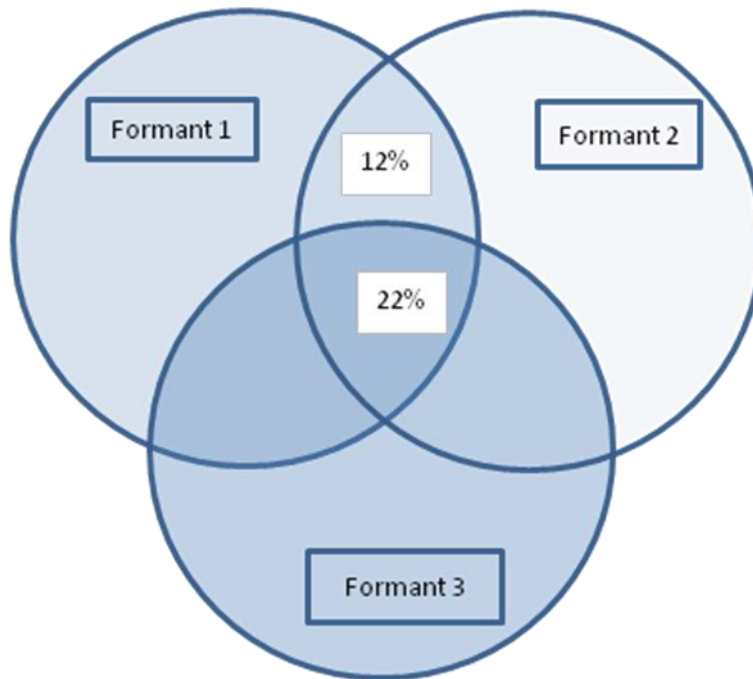
Gambar B.2 Irisan Kelengkapan *formant* “Re”



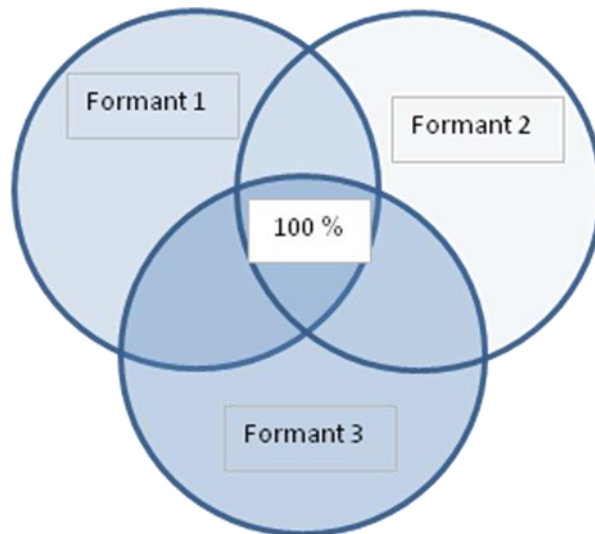
Gambar B.3 Irisan Kelengkapan *formant* “Mi”



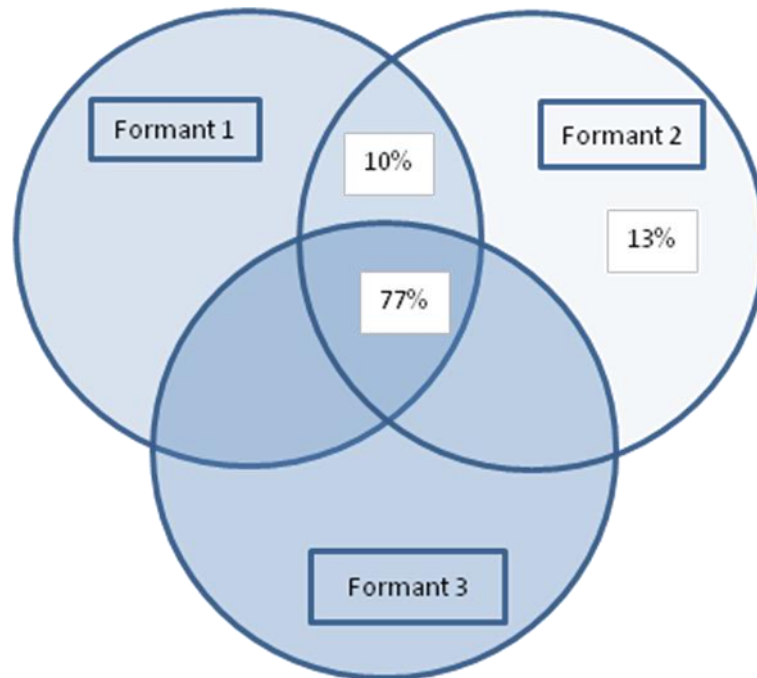
Gambar B.4 Irisan Kelengkapan *formant* “Fa”



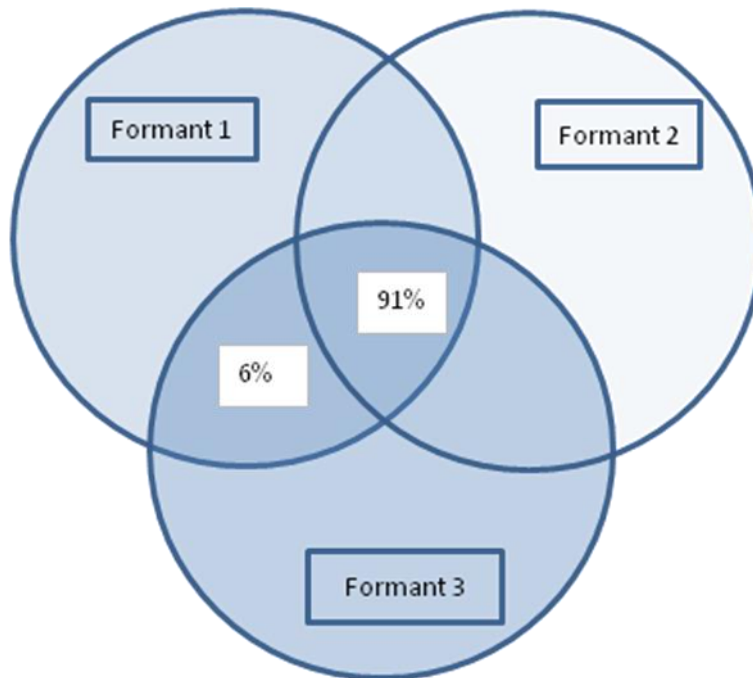
Gambar B.5 Irisan Kelengkapan *formant* “Sol”



Gambar B.6 Irisan Kelengkapan *formant* “La”



Gambar B.7 Irisan Kelengkapan *formant* “Si”



Gambar B.8 Irisan Kelengkapan *formant* "Doo"

